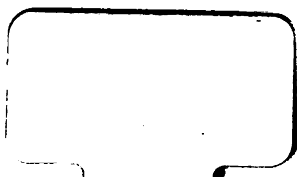





600044581S



NOMIE,

AGRICOLE

ET

IOLOGIE.

AGRONOMIE,

CHIMIE AGRICOLE

ET

PHYSIOLOGIE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE GAUTHIER-VILLARS,
Quai des Augustins, 55.

AGRONOMIE,

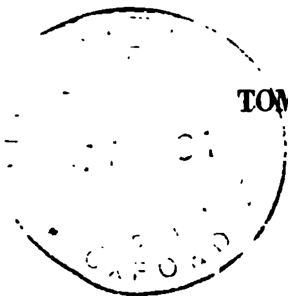
CHIMIE AGRICOLE

ET

PHYSIOLOGIE,

PAR M. BOUSSINGAULT,
Membre de l'Institut.

DEUXIÈME ÉDITION, REVUE ET CONSIDÉRABLEMENT AUGMENTÉE.



TOME CINQUIÈME.

PARIS,
GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE
DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,
SUCCESSEUR DE MALLET-BACHELIER,
Quai des Augustins, 55.

1874

AGRONOMIE,

CHIMIE AGRICOLE

ET

PHYSIOLOGIE.

SUR

LES FONCTIONS DES FEUILLES.

La décomposition de l'acide carbonique par les feuilles, si active au soleil, a-t-elle encore lieu à la lumière diffuse très-affaiblie ? Continue-t-elle dans une enceinte complétement obscure ? En d'autres termes, ainsi que Théodore de Saussure inclinait à le croire, une plante, dans l'obscurité, dissocie-t-elle une partie de l'acide carbonique qu'elle forme en agissant sur l'air atmosphérique (¹)?

Durant la vie végétale, l'oxygène, par son apparition, révèle l'assimilation du carbone; or, dans les conditions que je viens de mentionner, ce gaz ne saurait être pro-

(¹) *Recherches sur la végétation*, p. 54. De Saussure n'a jamais admis définitivement, faute de preuves suffisantes, que les plantes décomposent l'acide carbonique en l'absence de la lumière; il a rapporté des faits contraires à cette décomposition : ainsi le *Polygonum persicaria*, les *Lythrum salicaria* émettraient du gaz oxygène dans du gaz azote très-faiblement éclairé; ils cesseraient d'en émettre dans l'obscurité.

duit qu'en proportion extrêmement limitée; aussi n'est-ce plus à l'analyse qu'il faudrait recourir pour le reconnaître et le doser, mais à un agent capable d'en accuser la moindre trace.

Le phosphore était tout naturellement indiqué, puisque, en devenant lumineux dans l'obscurité, en répandant des vapeurs à la lumière, il donne, dans l'un et l'autre cas, un indice certain de la présence de l'oxygène; toutefois son emploi faisait naître une appréhension : le phosphore placé à côté d'une plante, dans une atmosphère confinée, n'exercerait-il pas une action nuisible? Or, tout surprenant que cela paraisse, les expériences que je vais décrire montrent que la vapeur émanant du phosphore à une température comprise entre 15 et 30 degrés, que la vapeur de l'acide hypophosphorique n'empêchent pas une feuille suffisamment rigide de fonctionner.

I. *Expérience du* 13 *octobre* 1865. — Dans un mélange formé de :

Gaz acide carbonique.	27	cent. cubes
Gaz hydrogène.	57	»
	84	»

on avait introduit un cylindre de phosphore. L'appareil (*fig.* 1) était dans la chambre noire. On fit alors passer sous la cloche une feuille de laurier-rose présentant une surface de 60 centimètres carrés; le phosphore devint lumineux pendant un instant très-court : la lumière avait été occasionnée par l'air adhérent à la feuille ([1]).

L'appareil recouvert d'un étui de drap noir fut porté au

([1]) Le cylindre de phosphore était soutenu par un fil de platine qui en traversait l'axe. Cette disposition est facile à réaliser en plaçant le fil métallique dans le tube de verre employé à mouler le phosphore.

soleil. A peine eut-on enlevé l'enveloppe, que l'on vit apparaître d'abondantes vapeurs blanches indiquant que la feuille produisait et que le phosphore absorbait du gaz oxygène. Le mercure de la cuve s'élevait à vue d'œil dans la cloche graduée ; l'ascension cessa à 5 heures ; l'exposition au soleil avait eu lieu à 9 heures. Çà et là on apercevait sur le verre, à l'intérieur, un léger dépôt jaune, pulvérulent.

Fig. 1.



La feuille de laurier avait conservé sa belle couleur verte ; néanmoins il s'agissait de savoir si l'action solaire, accusée si nettement par le mouvement ascensionnel du mercure, n'avait pas cessé par suite d'une altération survenue dans son organisme.

L'analyse prouva que la feuille n'avait plus fonctionné parce qu'elle ne trouvait plus d'acide carbonique à décomposer.

Résultat de l'analyse :

	cc
Acide carbonique *introduit*........	27,00 (¹)
Après l'hydrogène ajouté..........	84,00
Hydrogène....................	57,00
Après l'action du phosphore au soleil.	56,95

Une balle de potasse humectée n'a pas diminué le volume du gaz.

Ainsi, en huit heures d'exposition à la lumière, la feuille de laurier avait décomposé, pendant la combustion lente du phosphore, l'acide carbonique introduit dans l'appareil.

II. *Expérience du* 1[er] *octobre* 1867. — Une feuille de laurier-rose de 62 centimètres carrés fut placée dans un mélange d'acide carbonique et d'hydrogène. A 1 heure on fit passer sous la cloche un cylindre de phosphore, qui, après avoir jeté une faible lueur, devint obscur. L'appareil ayant été porté de la chambre noire au soleil, on vit apparaître des vapeurs blanches, en même temps que l'on constatait une ascension graduelle du mercure. A 5 heures, l'appareil fut replacé dans la chambre noire. Le phosphore avait fondu à la partie inférieure du cylindre. La feuille, quand on la retira, était couverte d'une rosée légèrement acide ; elle portait une tache brune. On remarqua une substance pulvérulente jaune sur les parois de la cloche.

(¹)

	Volume.	Températ.	Pression.	Gaz réduit à zéro, pression : 0m,76.
	cc	o	m	cc
Acide carbonique.........	37,9	15,9	0,5725	27,0
Acide carbonique + hydrogène....................	71,8	14,8	0,6355	56,95
Après l'acide carbonique absorbé................	71,3	16,4	0,6413	56,7

Résumé de l'expérience :

	cc
Acide carbonique introduit	27,8 (1)
Acide carbonique + hydrogène	102,4
Après l'exposition au soleil, gaz	81,2
Acide carbonique disparu = oxygène absorbé ..	21,2
Acide carbonique ajouté	27,8
Acide carbonique retrouvé	6,6

En quatre heures d'exposition au soleil, une surface de feuille de 62 centimètres carrés a décomposé $21^{cc},2$ de gaz acide carbonique : soit $0^{cc},07$ en une heure, par centimètre carré. C'est une décomposition très-énergique, comparable à celle qui est opérée par les feuilles de laurier, placées dans une atmosphère où il n'y a pas de vapeur de phosphore.

On fit encore deux observations : l'une avec une ramille de tuya, l'autre avec un pinceau d'aiguilles du pin laricio : il y eut de 20 à 25 centimètres cubes de gaz acide carbonique décomposé, et, dans les deux cas, le gaz oxygène devenu libre était absorbé par le cylindre de phosphore.

Ces expériences prouvent que des feuilles rigides comme celles des lauriers, du tuya, du pin, ne sont pas altérées par la vapeur émanant du phosphore à la température ordi-

(1)

	Volume.	Températ.	Pression.	Gaz réduit à zéro, pression : $0^{m},76$.
	cc	o	m	cc
Gaz hydrogène............	86,7	13,0	0,7173	74,6
Après l'acide carbonique introduit..................	113,0	13,0	0,7218	102,4
Vol. de l'acide carbonique.				27,8
Après l'exposition au soleil.	91,0	14,0	0,7129	81,2
Gaz disparu = oxygène absorbé..				21,2
Acide carbonique retrouvé..				6,6

Après avoir retiré la feuille, on a constaté dans le gaz résidu, par le sulfate de cuivre, une trace d'hydrogène phosphoré.

naire de l'atmosphère, ni par la vapeur d'acide hypophosphorique. La combustion lente du phosphore doit donc fournir un indice certain, instantané, du fait de la décomposition du gaz acide carbonique par les parties vertes des végétaux, puisque la lueur et la fumée qui l'accompagnent mettent en évidence, lorsque la température n'est pas inférieure à 12 ou 13 degrés, l'apparition de la plus minime quantité d'oxygène dans un milieu gazeux formé d'acide carbonique et de gaz inertes, tels que l'hydrogène et l'azote.

Il y a lieu de signaler ici les précautions fort simples qu'il convient de prendre pour prévenir une illusion due à ce que l'on pourrait appeler une fausse lueur phosphorique, parce qu'elle ne paraît pas être le signe d'une combustion, et que, en tout cas, cette lueur fugace n'est pas occasionnée par de l'oxygène venant des plantes mises en observation. Ainsi, un cylindre de phosphore, en pénétrant dans du gaz hydrogène ou dans du gaz azote dont on n'a pas lieu de soupçonner la pureté, luit durant un moment. Si, après avoir retiré ce cylindre en l'attirant et le maintenant sous le mercure, on le porte de nouveau dans le gaz, il ne devient plus lumineux. D'après Berzélius et Marchand, la lumière observée lors de la première introduction du cylindre serait produite par la vaporisation du phosphore, et elle continuerait jusqu'à ce que l'espace soit rempli de vapeur. A la seconde introduction, il n'y aurait plus phosphorescence, par cette raison que le gaz serait saturé de vapeur. Si dans ce gaz hydrogène, ce gaz azote, on fait arriver un cylindre de phosphore, sans l'avoir préalablement tenu quelque temps sous le mercure, il y aura une légère phosphorescence occasionnée par l'oxygène de l'air adhérent à la surface du cylindre. Enfin, il est à peine nécessaire de le rappeler, si dans du gaz hydrogène où se trouve un cylindre de phosphore on fait passer une feuille suffisamment rigide pour traverser un bain de mercure sans être froissée,

il y aura une lueur produite par l'oxygène de l'air entraîné.

Ces *fausses lueurs* sont toujours de courte durée ; qu'elles soient dues à la volatilisation ou à la combustion du phosphore, l'important, c'est de ne pas les confondre avec la phosphorescence dépendant de l'oxygène provenant de la décomposition de l'acide carbonique.

On a contesté la faculté que posséderait la vapeur du phosphore d'être lumineuse pendant son émission ; on a dit que dans le gaz hydrogène, dans le gaz azote, dans le vide barométrique, la lueur que jetait le phosphore provenait de ce que les gaz, comme le vide, n'étaient jamais exempts d'oxygène. Cependant on ne saurait nier l'existence de la vapeur de phosphore dans du gaz hydrogène, dans du gaz azote où le phosphore a séjourné. La preuve, c'est que si l'on y fait passer une bulle d'air, le gaz devient aussitôt lumineux.

Les indices fournis par la combustion lente du phosphore m'ont permis de combler quelques lacunes dans l'étude des fonctions des feuilles.

Les feuilles décomposent-elles du gaz acide carbonique en l'absence de la lumière ?

Dans l'air atmosphérique, à l'obscurité, les feuilles forment un volume de gaz acide carbonique, à peu près égal à celui du gaz oxygène qu'elles font disparaître : cependant, comme l'a suggéré de Saussure, il n'y a pas dans ce fait la preuve que l'acide carbonique n'est pas décomposé en l'absence de la lumière. Les feuilles, on le sait, exercent deux fonctions opposées, selon qu'elles sont placées dans un lieu éclairé ou dans un lieu obscur : dans la première situation, elles dissocient l'acide carbonique en assimilant du carbone ; dans la seconde situation, elles cèdent du carbone à l'oxygène et constituent de l'acide carbonique ; toutefois rien n'établit que ces deux fonctions ne sont pas exercées simultanément le jour comme la nuit

avec des intensités variables. Les changements survenus dans la composition de l'atmosphère renfermant une feuille constateraient simplement laquelle des deux fonctions aurait été prédominante. Dans un milieu assez peu éclairé pour que le volume de l'acide carbonique décomposé soit égal au volume de l'acide carbonique formé, l'atmosphère ne serait pas modifiée; mais suivant l'intensité de la lumière, elle acquerrait tantôt du gaz oxygène, tantôt du gaz acide carbonique.

L'action que le végétal exerce sur un milieu gazeux s'accomplit dans des cellules ayant chacune une existence individuelle. Un fragment d'un centimètre carré découpé dans une feuille d'un décimètre carré décompose à la lumière, ou constitue dans l'obscurité, la centième partie de l'acide carbonique qu'eût décomposé ou constitué la feuille entière. Si les gaz produits restaient engagés dans les cellules, ils passeraient inaperçus; pour que le fait de la dissociation ou de la constitution de l'acide carbonique devienne manifeste, il faut que le gaz développé se mêle à l'atmosphère ambiante. C'est là qu'un réactif absorbant (le phosphore pour l'oxygène, la potasse pour l'acide carbonique) peut, en les fixant, les soustraire à l'action vitale de la plante.

C'est par l'intervention d'un semblable réactif absorbant que de Saussure fut conduit à présumer que les feuilles pourraient bien décomposer du gaz acide carbonique sans le concours de la lumière.

« J'ai mis à végéter dans l'obscurité, rapporte le célèbre physicien, dans une nuit profonde, sous deux récipients égaux pleins d'air atmosphérique, des plants de pois, des silicaires, des inules. J'ai renouvelé tous les jours ces plantes pour qu'elles ne souffrissent pas. Ces expériences étaient faites en double. L'un des récipients contenait de la chaux vive ou de la potasse; l'autre en était dépourvu. Au bout de quatre ou cinq jours, les deux atmosphères étaient viciées;

mais j'ai trouvé constamment que les récipients munis de chaux ou de potasse contenaient moins de gaz oxygène que ceux où l'alcali n'était pas, et l'on conçoit que c'est parce que les plantes ont trouvé moins d'acide carbonique à décomposer que dans les récipients où il n'y avait point de chaux ou d'alcali ([1]). »

Ainsi une partie de l'acide carbonique produit par la plante étant absorbée par l'alcali, cessant d'appartenir à l'atmosphère, échappait à la révivification que les feuilles opéreraient même dans l'obscurité absolue.

L'observation de de Saussure est loin d'être irréprochable.

Pour établir que, dans l'obscurité absolue, les feuilles décomposent de faibles quantités de gaz acide carbonique, il faudrait mettre hors de doute l'apparition de l'oxygène résultant de cette décomposition ; or la combustion lente du phosphore, si elle devenait manifeste en présence d'une feuille mise à l'obscurité dans de l'hydrogène mêlé à de l'acide carbonique, serait un indice certain de la présence de ce gaz. Déjà dans les expériences ayant pour objet de rechercher si le voisinage, je puis même dire le contact du phosphore, n'exercerait pas sur l'organisme végétal un effet nuisible, on ne vit plus dans la chambre noire, après l'extinction de la *fausse lueur*, la moindre phosphorescence dans les mélanges d'acide carbonique et d'hydrogène où les feuilles étaient enfermées.

On était donc fondé à supposer que dans un milieu gazeux renfermant de l'acide carbonique et une feuille, il n'y avait pas, à l'obscurité, apparition de gaz oxygène, et, par conséquent, pas de décomposition d'acide carbonique. Cependant, comme ces expériences avaient été exécutées accessoirement à la question spéciale qui nous occupe, j'ai cru devoir les reprendre.

([1]) De Saussure, *Recherches sur la végétation.*

I. — *Le* 26 *octobre* 1865, dans une cloche graduée renfermant :

Acide carbonique.........	27 cent. cubes
Hydrogène..............	57 »

on a passé, à 7 heures du soir, une feuille de laurier-rose, puis un cylindre de phosphore. Le mercure fut recouvert d'une mince couche d'eau bouillie. Le phosphore jeta une lueur passagère en pénétrant sous la cloche.

Pendant la nuit on ne remarqua pas la moindre phosphorescence. La température s'est maintenue entre 16 et 18 degrés. Il restait à constater si une apparition d'oxygène n'aurait pas lieu à une température plus élevée, la chaleur favorisant, comme on sait, la décomposition du gaz acide carbonique par les plantes.

II. — *Le* 28 *octobre* 1865, la cloche contenant :

Acide carbonique..........	$23^{cc},4$
Hydrogène...............	$56^{cc},4$

on mit une feuille de laurier-rose à côté d'un cylindre de phosphore. L'appareil était dans la chambre noire. La surface du mercure supportait une mince couche d'eau bouillie.

La cloche avec sa cuve à mercure fut placée dans un grand vase cylindrique de verre, rempli d'eau à 36 degrés, que l'on maintint à cette température pendant toute la durée de l'observation. Le phosphore n'est pas devenu lumineux. On peut donc admettre que, dans l'obscurité absolue, une feuille de laurier-rose ne décompose pas l'acide carbonique, ou, pour rester dans la stricte interprétation des faits, qu'il n'y a pas eu, à l'obscurité, d'oxygène ajouté au mélange gazeux. Je reproduirai ici ce que j'ai dit précédemment : c'est que si l'oxygène résultant de la dissociation d'une faible quantité de gaz acide carbonique restait engagé dans la cellule végétale, si cet oxygène ne

s'ajoutait pas à l'atmosphère ambiante, la décomposition de l'acide carboniqué par la feuille eût-elle lieu, qu'elle passerait inaperçue, même en présence du phosphore.

Dans cette expérience, on a analysé l'atmosphère avant et après l'observation. L'analyse a indiqué nettement, comme le phosphore, qu'il n'y avait pas eu d'acide carbonique décomposé, puisqu'on a retrouvé, à $\frac{3}{10}$ de centimètre cube près, le volume du gaz. Voici les détails :

Acide carbonique introduit....	23,4 cc (1)	
Après l'introduction de l'hydrogène....................	79,8	
Hydrogène ajouté............	56,4	
Volume du gaz après l'observation.....................	82,4	Augmentation: 2cc,6 (2)
Après l'absorption de l'acide carbonique.................	59,3	
Acide carbonique retrouvé.....	23,1	
Acide carbonique ajouté.......	23,4	
Différence.............	0,3	

Les feuilles décomposent-elles du gaz acide carbonique à une lumière diffuse très-affaiblie?

D'après de Saussure : « Dans des appareils exposés à l'ombre, la plus petite dose d'acide carbonique ajoutée à

(1)

	Volume.	Températ.	Pression.	Gaz réduit à zéro, pression : 0m,76.
	cc	o	m	cc
Acide carbonique.........	32,2	12,6	0,5774	23,3
CO^2 + H avant l'observation.....................	91,0	11,5	0,6945	79,80
Après l'observation........	93,5	11,2	0,6977	82,45
Après l'absorption de l'acide carbonique.........	72,1	10,8	0,6593	59,33

(2) On a reconnu, après l'exposition, une augmentation de volume dont je n'ai pu me rendre compte.

l'air commun est nuisible à la végétation. Des plantes sont mortes dès le sixième jour dans une atmosphère contenant le quart de son volume de gaz acide carbonique; elles se sont soutenues à la même exposition pendant dix jours dans une atmosphère dont l'acide carbonique occupait la douzième partie ([1]). »

Ces résultats sont d'autant plus surprenants qu'à la lumière diffuse les feuilles isolées décomposent très-activement le gaz acide carbonique mêlé à leur atmosphère dans une proportion atteignant et dépassant même un tiers. J'ai placé fréquemment des appareils au nord d'un grand bâtiment, et là, par un ciel sans nuage, le volume du gaz oxygène provenant de l'acide carbonique décomposé ne différait pas notablement de celui que l'on obtenait au soleil.

Les plantes fonctionnent à la lumière diffuse, cela est incontestable. Les forêts équatoriales sont impénétrables aux rayons directs du soleil; il y règne un demi-jour qui ne permet pas toujours de lire sans difficulté des caractères tracés au crayon, et néanmoins ces voûtes de verdure abritent une végétation exubérante dont les feuilles, développées sous l'influence d'une température de 25 à 35 degrés, offrent des teintes du plus beau vert. Au reste, en Europe, pendant l'été, sous un massif d'arbres séculaires, il est facile de se convaincre que les feuilles, pour la plus grande partie, fonctionnent à l'ombre.

Les observations dont je vais rendre compte montrent en effet que la décomposition de l'acide carbonique par les feuilles s'accomplit encore à une lumière considérablement affaiblie.

I. — *Le* 30 *juin* 1865, à 7 heures du matin, une feuille de laurier-rose, d'une surface de 85 centimètres carrés, a été

([1]) De Saussure, *Recherches sur la végétation*, p. 33.

mise dans un mélange d'acide carbonique et d'air atmosphérique. Il pleuvait depuis la veille au soir, et la pluie a continué sans interruption jusqu'à 2 heures de l'après-midi; le jour était très-sombre. Un thermomètre à l'air libre a marqué de 14 à 15 degrés. Dans ces circonstances peu favorables la feuille a néanmoins décomposé de l'acide carbonique.

	cc
Gaz acide carbonique introduit................	34,5 (1)
Après l'addition de l'air atmosphérique.........	87,8
Après l'exposition, l'acide carbonique absorbé...	58,8
Acide carbonique retrouvé..................	29,0
Acide carbonique ajouté....................	34,5
Acide carbonique décomposé en 7 heures......	5,5

Par centimètre carré en 1 heure : $0^{cc},009$.

Fig. 2.



Sur les arbres très-feuillus, tels que les marronniers, les

---

(1)

	Volume.	Températ.	Pression.	Gaz réduit à zéro, pression : $0^m,76$.
	cc	o	m	cc
Acide carbonique.........	50,8	17,7	0,5502	34,54
CO^2 + air................	110,0	17,4	0,6454	87,82
Après CO^2 absorbé.......	78,53	16,7	0,6040	58,79

noyers, les feuilles à l'intérieur vivent surtout à l'ombre, ainsi que j'en ai fait la remarque; mais toujours elles sont moins nombreuses sur les points les plus rapprochés du tronc; une maîtresse branche est presque toujours dénudée à sa base. Cette disposition se présentait très-nettement dans un fourré que formait une plantation de lauriers-cerise abritée par un mur, comme le représente la *fig.* 2, p. 13. A paraissait être la limite des feuilles; même à midi, la lumière y était très-faible; les branches se trouvaient presque complétement dépouillées, bien que l'obscurité n'y fût pas absolue. En B les branches étaient encore assez garnies. J'ai voulu voir comment une feuille fonctionnerait sur ces deux points A et B.

II. — *Le* 28 *août* 1868, à 10 heures du matin, sous une cloche contenant un mélange d'acide carbonique et d'hydrogène, on a mis une feuille de laurier ayant 66 centimètres carrés. L'appareil fut monté dans la chambre noire. Un cylindre de phosphore introduit sous la cloche est devenu lumineux pendant quelques secondes; on l'a retiré et conservé sous le mercure. La feuille fut exposée en B jusqu'à 5 heures du soir. La température de l'air, à l'ombre, s'est soutenue entre 20 et 23 degrés pendant la durée de l'exposition.

A 5 heures, la feuille ayant été retirée, on a mesuré le gaz. Le cylindre de phosphore a été glissé sous la cloche où il a répandu des vapeurs blanches assez abondantes; on l'a laissé en contact avec le gaz pendant la nuit, pour absorber l'oxygène dont il avait accusé la présence; après l'avoir ôté, on a mesuré le gaz restant; voici le détail :

	Volume.	Température.	Pression.	Gaz réduit à 0°, pression : 0m,76.
	cc	°	m	cc
Après l'exposition.	106,0	18,5	0,7179	95,84
Après l'action du phosphore.....	102,0	17,0	0,7196	92,74
Oxygène absorbé......................				3,10

Dans un endroit peu éclairé du fourré où, néanmoins les branches étaient garnies, il y a eu en sept heures $3^{cc},1$ de gaz acide carbonique décomposés : soit, d'après la surface de la feuille exposée, $0^{cc},006$ par centimètre carré en une heure.

III. — *Le* 10 *août* 1868, on a posé à 8 heures du matin en A une cloche graduée contenant une feuille de laurier dans un mélange d'acide carbonique et d'air atmosphérique ; la température a varié de 23 à 26 degrés ; le ciel était nuageux ; l'exposition a duré jusqu'à 5 heures de l'après-midi.

	Volume.	Température.	Pression.	Gaz réduit à 0°, pression : $0^m,76$.
	cc	o	m	cc
Air atmosphérique ..	82,5	21,0	0,7140	72,4
Après CO^2 introduit.	120,0	21,0	0,7140	101,4
Acide carbonique........................				29,0
Après l'exposit.; gaz.	115,0	21,0	0,7170	100,7
Après l'acide carbonique absorbé ...	80,0	22,0	0,7170	69,8
Acide carbonique retrouvé..................				30,9
Acide carbonique ajouté..................				29,0
Acide carbonique en excès..................				1,9

Ainsi, là où les branches étaient dégarnies, il n'y a pas eu décomposition, mais bien formation d'acide carbonique ; près de 2 centimètres cubes en neuf heures. La feuille s'est comportée comme si elle eût été placée dans un lieu obscur.

Ces observations ont conduit à rechercher si une feuille décomposerait de l'acide carbonique pendant le crépuscule.

IV. — *Le* 8 *septembre* 1868, à la fin d'une belle et chaude journée, une feuille de laurier-rose a été mise dans un mélange d'acide carbonique et d'hydrogène. Le cylindre de phosphore introduit est resté faiblement lumineux pendant un instant. On l'a retiré et on l'a maintenu sous le mercure.

L'appareil, exposé sur une fenêtre à l'ouest à l'heure précise du coucher du soleil, a été retiré un peu avant la nuit.

La température était de 24 degrés. La feuille enlevée, on a passé sous la cloche le cylindre de phosphore. Il n'y a pas eu de phosphorescence. Or l'exposition à la lumière crépusculaire avait duré assez pour que dans le jour, à l'ombre, il y ait eu production d'une quantité d'oxygène que le phosphore aurait certainement décelée.

Pendant le crépuscule, il n'y a pas eu d'acide carbonique décomposé.

Les feuilles décomposent-elles le gaz acide carbonique à de basses températures?

On sait que la faculté décomposante des feuilles diminue avec l'abaissement de la température ; mais quelle est la limite d'action ?

Les observations ont été faites à l'ombre, par cette raison qu'au soleil, même par un très-grand froid, les feuilles eussent bientôt acquis une température bien supérieure à celle de l'air ambiant.

I. — *Le 2 novembre* 1867, on mit un pinceau d'aiguilles de pin laricio dans un mélange d'acide carbonique et d'hydrogène, puis, à côté, un cylindre de phosphore pour absorber l'oxygène de l'air accidentellement entrainé. On laissa l'appareil pendant une heure dans la chambre noire où le thermomètre marquait 16 degrés. Le phosphore fut retiré et maintenu dans le mercure. A 9 heures on plaça la cloche recouverte d'un étui de drap noir, au nord d'un mur. Il avait gelé dans la nuit : la température ne dépassait pas $+ 0^{\circ},5$; le ciel était sans nuages.

A 10 heures, lorsque l'appareil fut à la température de l'air, on le découvrit. A 1 heure, après trois heures d'exposition, on le transporta dans la chambre noire. Le thermomètre à l'ombre marquait $+ 2^{\circ},5$.

Les aiguilles de pin furent retirées, et l'on attendit que l'appareil eût atteint la température de 15 degrés, pour y

passer le cylindre de phosphore que l'on avait tenu sous le mercure, afin d'empêcher son contact avec l'air. Le phosphore devint lumineux, mais la phosphorescence dura si peu que, sans les précautions prises pour éviter une fausse lueur, on aurait pu la considérer comme un indice insuffisant de la présence de l'oxygène élaboré par les feuilles. Ayant soupçonné que l'absorption de l'oxygène n'avait pas été complète, on retira le cylindre de phosphore et l'on fit passer sous la cloche une balle de potasse humectée, puis, après l'absorption de l'acide carbonique, une dissolution de pyrogallate de potasse, qui prit immédiatement une teinte foncée due à la présence de l'oxygène.

	cc
Après l'absorption de l'acide carbonique, le volume du gaz était........................	78
Après l'action du pyrogallate....................	75
Oxygène absorbé............................ .	3

A l'ombre, à une température comprise entre + 0°,5 et + 2°,5, les aiguilles du pin laricio ont décomposé du gaz acide carbonique. Le phosphore avait mis en évidence cette décomposition, et s'il s'est éteint avant d'avoir fixé la totalité de l'oxygène, cela tient probablement à ce que des lésions faites aux aiguilles du pin auraient laissé suinter quelques gouttes d'huile essentielle ayant, comme la térébenthine, la propriété d'empêcher ou tout au moins d'atténuer sa combustion lente.

II. — *Le* 3 *novembre* 1867, en adoptant les mêmes dispositions, des brins d'herbe (graminées) furent placés dans un mélange d'acide carbonique et d'hydrogène, puis exposés pendant trois heures à l'ombre, par une température de + 1°,5 à + 3°,5.

Après l'exposition, le phosphore, en jetant une forte lueur dans l'obscurité, indiqua nettement l'apparition de gaz oxygène et par conséquent la décomposition de l'acide

carbonique. Ces expériences établissent que les feuilles dissocient l'acide carbonique à une basse température et que, en hiver, l'herbe des prairies, les plants d'un champ de froment ensemencé en automne, les arbres verts de la forêt se développent néanmoins. En effet, même en temps de gelée, les feuilles au soleil acquièrent toujours une température de quelques degrés au-dessus du zéro de l'échelle thermométrique.

Les feuilles naissantes sont-elles douées de la faculté de décomposer, à la lumière, de l'acide carbonique ?

Si l'on expose au soleil, dans de l'eau chargée d'acide carbonique, des cotylédons, des feuilles séminales, des feuilles jeunes à peine colorées, on ne remarque pas le moindre dégagement de gaz oxygène. En s'en tenant à ce mode d'observation, on conclurait qu'il n'y a pas dissociation de l'acide. Une telle conclusion pourrait être prématurée, par ce motif que l'immersion ne permet pas toujours de recueillir les quelques bulles de gaz oxygène formées au sein d'une masse liquide assez volumineuse pour les dissoudre ou pour favoriser, par cette dissolution même, leur absorption par le parenchyme des feuilles immergées. J'ai d'ailleurs reconnu que des feuilles adultes, fortement colorées, on ne retire jamais autant d'oxygène quand elles sont placées dans de l'eau chargée d'acide carbonique, que lorsqu'elles fonctionnent dans un milieu gazeux. Est-ce parce que la lumière s'éteint en partie en traversant le liquide, ou bien est-ce parce que la feuille immergée n'acquiert pas une température aussi élevée que celle qui est placée sous une cloche pleine de gaz? Au reste, recueillerait-on plusieurs bulles de gaz renfermant de l'oxygène, comme l'a fait Ingen-Housz, qu'on aurait encore à se demander si cet oxygène n'appartenait pas à l'air atmosphérique dissous dans l'eau et qu'un courant de gaz acide carbonique

ne déplace pas entièrement. Sennebier a constaté que les feuilles submergées donnent de l'air à toutes les époques de leur existence, mais qu'il s'en dégage très-peu des feuilles séminales des haricots, des feuilles jeunes ayant une couleur tirant sur le jaune ([1]). Sennebier n'a pas signalé l'oxygène dans le gaz dégagé.

Dans cette première phase de la vie des feuilles, l'oxygène résultant de la décomposition de l'acide carbonique ne saurait être produit qu'en bien faible quantité ; aussi fallait-il se borner à en constater l'apparition.

I. — *Le 14 octobre* 1867, le ciel était d'une grande pureté et le thermomètre marquait 14 degrés. Huit feuilles naissantes à peine colorées, prises parmi les nouvelles pousses d'une vigne, furent attachées à un scion de baleine et introduites dans une cloche contenant de l'acide carbonique mêlé à de l'hydrogène ; un peu d'eau bouillie recouvrait le mercure. Dans la chambre obscure on passa un cylindre de phosphore qui ne donna qu'une lueur instantanée. Une heure après l'extinction de cette lueur, la cloche enveloppée d'un drap noir fut portée au soleil : aussitôt qu'on l'eut découverte, on aperçut des vapeurs blanches. Dans la chambre noire ces vapeurs se dissipèrent promptement ; le mélange gazeux reprit sa transparence. Les vapeurs apparurent dès que l'on exposa de nouveau la cloche à la lumière. Les feuilles naissantes de la vigne ont donc émis de l'oxygène provenant de la décomposition de l'acide carbonique. Une centaine de feuilles semblables, immergées dans un litre d'eau chargée d'acide carbonique placé au soleil, n'ont pas dégagé le moindre volume de gaz oxygène, bien que l'exposition eût duré plus de trois heures.

II. — Le même jour on fit une observation analogue

---

[1] Sennebier, *Mémoires physicochimiques*, t. I, p. 109.

avec des feuilles séminales d'épinards. Pendant l'exposition au soleil, le phosphore, par les vapeurs qu'il répandait, mit en évidence l'apparition de l'oxygène. J'ajouterai que dans de l'eau chargée d'acide carbonique les feuilles ne produisirent pas de gaz.

Dans ces expériences l'indice de la présence de l'oxygène avait été peu prononcé; pour le rendre plus manifeste, les feuilles ne furent plus exposées au soleil à côté du phosphore, qui naturellement s'emparait du gaz à mesure qu'il se produisait. Les feuilles étaient seules et le phosphore n'arrivait sous la cloche qu'après l'exposition; sa combustion lente devenait d'autant plus perceptible qu'il y avait plus d'oxygène accumulé.

III. — *Le* 12 *août* 1868, des feuilles séminales de haricots, cueillies après l'épanouissement des cotylédons, furent fixées à une lame de baleine, dans le mélange d'acide carbonique et d'hydrogène. Après les avoir exposées au soleil depuis 9 heures jusqu'à 3 heures, on les porta dans la chambre noire.

Lorsque le cylindre de phosphore, que l'on avait maintenu dans le mercure de la cuve, pénétra sous la cloche, il devint lumineux. Il y avait eu par conséquent production d'oxygène.

Les feuilles très-peu colorées avaient pour teinte, en comparant aux cercles chromatiques de M. Chevreul :

Les plus développées,

Endroit, jaune vert 3 rabattu à $\frac{5}{10}$ de noir,
Envers, jaune vert 2 rabattu à $\frac{1}{10}$ de noir;

Les moins développées,

Endroit comme envers, jaune vert rabattu à $\frac{2}{10}$ de noir.

Une centaine de feuilles semblables, tenues pendant trois heures au soleil dans de l'eau chargée d'acide carbonique, n'ont pas donné lieu à une production d'oxygène.

IV. — *Le 17 août*, une nouvelle expérience, faite avec des feuilles naissantes de vigne, donna les mêmes résultats.

L'appareil avait été exposé à l'ombre pendant deux heures.

Le phosphore, quand il pénétra dans la cloche, donna d'abondantes vapeurs d'acide hypophosphorique. Dans la chambre obscure, le phosphore resta lumineux pendant quelques instants.

Des feuilles semblables n'ont pu produire de gaz oxygène lorsqu'elles furent exposées au soleil dans de l'eau chargée d'acide carbonique.

V. — *Le 18 août*, de très-jeunes pousses du vernis du Japon sorties de terre depuis deux jours, d'un vert très-pâle, ont décomposé de l'acide carbonique mêlé à l'hydrogène. Quatorze petites feuilles étaient placées dans la cloche que l'on exposa au soleil de 8 heures à midi. Le cylindre de phosphore fit naître des vapeurs blanches assez épaisses quand on le fit pénétrer dans le mélange gazeux après l'exposition.

Voici les teintes comparées aux cercles chromatiques :

Pour la feuille la plus foncée en couleur,

Jaune vert rabattu à $\frac{1}{10}$ de noir;

Pour la feuille la moins foncée en couleur,

Jaune non rabattu.

L'envers et l'endroit des feuilles présentaient à peu près la même teinte.

VI. — *Le 23 août*, des feuilles séminales de laitues, levées tout récemment, ayant 9 à 10 millimètres de longueur sur 7 ou 8 millimètres de largeur, ont donné des indices certains d'une émission de gaz oxygène après une exposition de trois heures au soleil. La température à l'ombre a varié de 23 à 24 degrés.

Quatre-vingts petites feuilles avaient été disposées en deux chapelets dans l'appareil. Après l'exposition, le cylindre de phosphore introduit sous la cloche fit naître d'abondantes vapeurs. Relativement, il y avait eu production d'un assez grand volume de gaz oxygène ; on aurait pu le mesurer.

Cependant ces feuilles séminales de laitues étaient d'un vert très-pâle :

Jaune vert 1 rabattu à $\frac{1}{10}$ de noir.

Les feuilles naissantes, les feuilles séminales dont la teinte décèle dans leur organisme la présence d'une très-faible quantité de chlorophylle, décomposent à la lumière le gaz acide carbonique, tout en formant à la lumière, l'expérience le prouve, un certain volume du même gaz par la combustion du carbone appartenant à leur organisme. Cette dernière fonction, tant qu'elle s'exerce, empêche l'oxygène mis en liberté de s'accumuler dans l'atmosphère où les feuilles sont confinées.

Les feuilles venues dans l'obscurité décomposent-elles immédiatement l'acide carbonique lorsqu'elles sont placées à la lumière ?

Les résultats obtenus avec des feuilles naissantes ayant à peine une nuance verte conduisaient à rechercher si des feuilles absolument dépourvues de chlorophylle, parce qu'elles se sont développées dans un lieu obscur, dissocient l'acide carbonique.

J'ai montré, dans un autre travail, que la durée de l'existence d'une plante venue à l'obscurité est subordonnée au poids des matières nutritives qui entourent l'embryon dans la graine. Les feuilles en l'absence de la lumière ne fonctionnent pas comme appareils réducteurs ; constamment elles émettent de l'acide carbonique ; c'est une véritable combus-

tion respiratoire accompagnée d'un dégagement de chaleur. La plante se comporte alors comme un animal d'un ordre inférieur. Lorsque ces feuilles étiolées sont placées à la lumière dans de l'air atmosphérique, elles continuent d'abord à produire du gaz acide carbonique; mais bientôt elles prennent une teinte verte dont l'intensité augmente graduellement; une fois colorées, elles fonctionnent comme les feuilles développées dans les conditions normales.

La matière colorante, la chlorophylle, enveloppe les granules établis dans les cellules. Celle qui apparaît dans la circonstance que je viens d'indiquer est-elle l'effet ou la cause de la décomposition de l'acide carbonique? Il est bien vrai qu'une feuille non colorée, telle qu'elle sort de la chambre noire, prend assez vite une nuance verte lorsqu'elle est au soleil, dans de l'air atmosphérique pur. Est-il permis d'en tirer cette conséquence, que l'acide carbonique n'intervient pas dans la coloration? Nullement, car le premier acte de la feuille incolore, en présence de l'oxygène, est de former de l'acide carbonique. Pour résoudre la question, il semble qu'il n'y aurait qu'à placer dans du gaz hydrogène, dans du gaz azote, la feuille née dans l'obscurité : dans l'un et l'autre de ces gaz, la coloration verte se manifeste à la lumière, faiblement sans doute, et ici encore l'acide carbonique peut fort bien intervenir, par cette raison, qu'une plante venue dans un lieu obscur renferme toujours une très-forte proportion d'eau saturée de ce gaz; ainsi du gaz hydrogène pur dans lequel on met une feuille étiolée contient bientôt de l'acide carbonique.

Voici d'abord ce que j'ai observé relativement à la coloration des feuilles de maïs appartenant à des plants venus dans l'obscurité.

I. — *Le* 31 *juillet* 1868, dans la chambre noire, on fit germer des graines sur du papier imbibé d'eau distillée.

Le 15 *août*, les feuilles avaient une longueur de 25 à

30 centimètres; 1 centimètre au point le plus large. Leur teinte, comparée aux cercles chromatiques était:

Jaune 1 non rabattu.

Les plants furent placés, à midi, à la lumière diffuse dans une pièce ayant une fenêtre au sud.

Le 16 août au matin, l'apparition de la nuance verte était évidente et plus prononcée vers la base que vers le sommet des feuilles.

Le 18 août, la coloration avait fait des progrès; on eut pour la teinte de la partie inférieure d'une feuille :

Vert jaune 2 non rabattu.

Il n'y avait pas de différence appréciable de teinte entre la coloration de l'endroit et celle de l'envers.

Le 22 août, toutes les feuilles possédaient une assez belle nuance verte. Sur les deux faces :

Jaune vert 2 rabattu à $\frac{1}{10}$ de noir.

Cette coloration ou, si l'on veut, l'apparition d'une notable quantité de chlorophylle, avait eu lieu, à la lumière diffuse, en six à sept jours, la température s'étant maintenue entre 22 et 26 degrés.

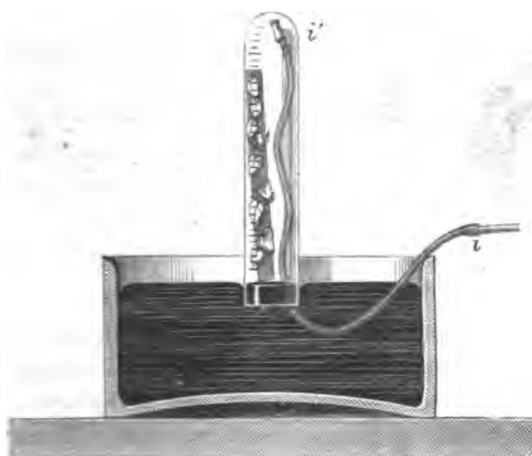
Il restait à rechercher quelle serait la nuance de vert à laquelle la feuille commencerait à décomposer le gaz acide carbonique.

Des feuilles aussi délicates devaient être introduites dans les appareils sans qu'elles touchassent le mercure. Voici quelles sont les dispositions adoptées pour atteindre ce but.

Une cloche pleine d'air renfermant les feuilles attachées à une lame de baleine est maintenue sur la cuve de manière que son ouverture plonge de 2 à 3 millimètres dans le mercure (*fig.* 3).

Pour mieux assurer la fermeture, on verse de l'eau à la surface du métal. Un tube de caoutchouc, très-flexible, d'une faible section, terminé par un ajutage d'ivoire, pénètre jusqu'au sommet de la cloche en *i'*. Ce tube est adapté

Fig. 3..



en *i* à un générateur d'hydrogène fournissant un courant de gaz assez rapide pour déplacer promptement l'air atmosphérique. Lorsque l'on juge l'appareil plein d'hydrogène on ferme le générateur après avoir pincé le tube en *i*.

Il s'agit maintenant d'exclure de la cloche un certain volume d'hydrogène. Rien n'est plus facile : il suffit d'enfoncer la cloche dans le mercure de la cuve en même temps que l'on cesse de presser en *i* pour ouvrir une issue à l'hydrogène.

Lorsque le volume de ce gaz que l'on voulait expulser est sorti de la cloche, on pince de nouveau le tube de caoutchouc, puis on le retire. On peut alors ajouter à l'hydrogène resté dans l'appareil du gaz acide carbonique. L'introduction doit être faite par petites bulles, pour qu'il n'y ait pas projection de mercure sur les feuilles, mais il faut agiter

doucement la cloche sur la cuve pour faciliter le mélange des gaz.

L'appareil est porté dans la chambre noire, et l'on y introduit un cylindre de phosphore pour s'assurer de l'absence du gaz oxygène. Généralement le phosphore émet une lueur. Quand elle est dissipée, on retire le cylindre de phosphore en l'attirant et le fixant dans le mercure de la cuve.

Tout est alors disposé pour l'observation. Le mélange gazeux est certainement exempt d'oxygène, en même temps que l'espace qu'il occupe est saturé de la vapeur de phosphore qui préviendra la *fausse lueur*, lorsque, après l'exposition à la lumière, on fera passer sous la cloche le phosphore maintenu sous le mercure.

II. — *Le 9 septembre* 1868, huit fragments de feuilles de maïs venues dans la chambre noire, ayant ensemble une surface de 192 centimètres carrés, ont été placés dans le mélange d'acide carbonique et d'hydrogène. Leur teinte était :

Jaune 1 non rabattu.

L'exposition a eu lieu à l'ombre, de 10 heures du matin à 3 heures de l'après-midi. Ciel découvert ; température 27 à 29 degrés.

Après l'exposition, le phosphore n'a pas signalé dans le mélange gazeux la présence de l'oxygène.

III. — *Le 10 septembre*, six feuilles de maïs sortant de la chambre noire, ayant la même teinte que les feuilles employées la veille, n'ont pas fourni l'indice de la décomposition de l'acide carbonique, après avoir été exposées à la lumière pendant huit heures.

IV. — *Le 10 septembre*, à 3 heures de l'après-midi, une culture de maïs faite à l'obscurité fut installée dans une pièce bien éclairée. Déjà le 11 septembre, à 9 heures du matin, les feuilles possédaient une nuance verte ; cependant

l'exposition à la lumière diffuse n'avait pas duré plus de six heures. Je ferai observer que cette nuance, très-faible d'ailleurs, ne s'était pas développée au même degré dans les expériences du 9 et du 10 septembre, bien que les feuilles fussent restées exposées pendant six à sept heures sous un jour assez vif, dans des mélanges d'hydrogène et d'acide carbonique. Faut-il admettre que la formation de la chlorophylle, indépendamment de la lumière, exige le concours simultané de l'oxygène et de l'acide carbonique? C'est un point que j'examinerai. Quoi qu'il en soit, les feuilles venues à l'obscurité, quand elles sont placées à la lumière en présence du gaz acide carbonique, n'émettent du gaz oxygène qu'après que, par leur exposition à l'air, elles ont acquis une certaine nuance de vert; c'est ce que je vais établir.

V.—*Le 12 septembre*, la teinte des feuilles de la culture de maïs, placée à la lumière le 10, était :

Jaune 4 non rabattu

des cercles chromatiques. Depuis le 11, il y avait eu un léger progrès dans le sens du vert, mais pour un œil peu exercé c'était encore du jaune.

Six fragments de feuilles, présentant une surface de 72 centimètres carrés, furent exposés à l'ombre de 10 à 4 heures dans le mélange d'acide carbonique et d'hydrogène. Après l'exposition, le cylindre de phosphore n'a pas donné l'indice de la présence de l'oxygène.

VI.— *Le 14 septembre*, les feuilles de la culture de maïs étaient plus vertes que le 12 septembre; leur teinte sur l'une et l'autre face a été trouvée :

Jaune vert 1 non rabattu.

Huit fragments, ayant ensemble une surface de 96 centimètres carrés, restèrent de 11 heures à 4 heures dans le mélange d'acide carbonique et d'hydrogène.

L'appareil fut placé au nord d'un bâtiment. Le ciel était

sans [illegible] le phosphore [illegible] produisit immédiatement [illegible] lorsqu'on le fit passer de [illegible].

Les feuilles, après [illegible] couleur verte répondant au jaune vert 1 non rabattu [illegible] des cercles chromatiques, ont, par conséquent [illegible] décomposé de l'acide carbonique [illegible] faible indice d'apparition d'oxygène.

En conclurai-je [illegible] de cette teinte, c'est-à-dire plus vers le jaune, les feuilles de maïs n'opèrent pas cette décomposition? Je conclurai tout le contraire. En effet, je crois qu'aussitôt qu'il y a présence de chlorophylle, quelque minime qu'en soit la proportion, la feuille, [illegible] que on la suppose, possède déjà la faculté décomposante. Je fonde mon opinion sur ce fait parfaitement établi, que si une plante venue à l'obscurité, dans un sol absolument stérile, dépourvu de toute substance saline, diminue constamment de poids, son poids augmente certainement aussitôt qu'elle est placée à la lumière. Or une feuille n'augmente de poids qu'en fixant du carbone et les éléments de l'eau, et la fixation du carbone implique nécessairement la décomposition de l'acide carbonique.

Mais pour rester, en ce qui concerne le maïs, dans les limites tracées par l'observation, cette décomposition ne devient manifeste qu'alors que la feuille a pris la teinte jaune vert 1 non rabattu.

Il ressort, il me semble, de ces expériences, que la décomposition de l'acide carbonique commence, à la lumière, aussitôt après la création de la chlorophylle, bien qu'elle ne devienne perceptible qu'alors que la feuille possède une nuance verte assez marquée, ou, si l'on veut, alors que l'oxygène, dont la présence est la preuve de la dissociation de l'acide carbonique, n'est plus fixé en totalité au fur et à

mesure de son apparition par cette partie de l'organisme qui, dans les feuilles nouvelles, fonctionne à la lumière comme elle fonctionne dans l'obscurité.

La décomposition de l'acide carbonique par une feuille, commencée au soleil, s'arrête-t-elle aussitôt que la feuille est soustraite à l'action de la lumière?

M. Van Tieghem a constaté un fait curieux, c'est que cette décomposition, opérée au soleil par une plante aquatique, continue dans l'obscurité pendant un certain temps ([1]).

Ainsi, le 11 juin, une branche du *Ceratophyllum demersum*, submergée dans de l'eau chargée d'acide carbonique, ayant été exposée au soleil à 8 heures, il y eut un dégagement très-actif d'oxygène. A $8^h 45^m$ la branche fut portée dans un lieu obscur; elle continua à émettre du gaz :

A 9 heures, le dégagement était de		200	bulles	par minute.
A $9^h 30^m$	»	125	»	»
A 10 heures	»	75	»	»
A 11 heures	»	25	»	»

A $11^h 45^m$, le dégagement était encore de 2 à 3 bulles par minute; ce n'est qu'après trois heures passées à l'obscurité que l'effet produit par l'insolation fut épuisé ([2]). D'après mes observations, une feuille isolée fonctionnant dans un milieu gazeux se comporterait tout autrement qu'une plante aquatique.

J'ai fait voir que, dans une atmosphère contenant de l'acide carbonique, une feuille produit instantanément du

[1]) M. Van Tieghem a reconnu depuis que la décomposition de l'acide carbonique, commencée au soleil, ne continue pas dans l'obscurité.

[2]. *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, t. LXV, p. 867.

gaz oxygène, dès qu'elle est éclairée par le soleil. Il s'agissait de savoir si cette production d'oxygène cesserait instantanément quand la feuille passerait subitement de la lumière à l'obscurité.

I. — *Le 27 août* 1868, dans un mélange formé de 28 centimètres cubes d'acide carbonique, de 86 centimètres cubes d'hydrogène, on mit une feuille de laurier-rose ayant 70 centimètres carrés ; puis, à côté, parallèlement à la nervure principale et à 5 millimètres de distance, un cylindre de phosphore soutenu par un fil de platine.

Hauteur du cylindre......	9 centimètres.
Diamètre...............	5 millimètres.

L'appareil monté dans la chambre noire fut porté au soleil à 1 heure. Aussitôt il y eut apparition de vapeurs blanches indiquant une rapide décomposition de l'acide carbonique. La température à l'ombre était 24 degrés.

Dix minutes après l'exposition, l'appareil fut porté dans la chambre noire où un observateur avait été enfermé pour que sa vue pût acquérir une sensibilité qui lui permît d'apercevoir la plus faible lueur.

Un autre observateur, muni d'un chronomètre, se tenait en dehors de la chambre pour lire les secondes à haute voix. Le transport de l'appareil de la lumière à l'obscurité s'effectuait en un instant.

Voici le résultat de la première observation.

Dans la chambre noire, le cylindre de phosphore était lumineux sur toute sa surface. La phosphorescence s'affaiblit graduellement ; elle cessa quand on eut compté quarante-six secondes.

Fallait-il en déduire que la décomposition de l'acide carbonique commencée au soleil avait persisté encore pendant quarante-six secondes dans l'obscurité ? Non, car la durée de la phosphorescence pouvait provenir de ce que, après

l'introduction de l'appareil dans la chambre noire, le phosphore n'avait pas fini d'absorber tout l'oxygène mis en liberté par la feuille durant son exposition au soleil. En d'autres termes, la surface de la feuille aurait émis à la lumière plus d'oxygène que la surface du phosphore n'avait pu en absorber. Ainsi qu'on va le voir, la phosphorescence ne se serait pas manifestée si la surface du phosphore eût été plus grande.

II.— On fit une nouvelle expérience semblable à la précédente quant aux dispositions générales, avec cette différence que le cylindre de phosphore, placé parallèlement à la nervure de la même feuille, avait de plus grandes dimensions :

Longueur..............	24 centimètres.
Diamètre...............	1,2

Lorsque, au soleil, la décomposition de l'acide carbonique fut très-active, on porta l'appareil dans la chambre noire : on n'aperçut pas la moindre lueur.

L'appareil ayant été replacé au soleil, le phosphore répandit immédiatement des vapeurs, signe de sa combustion lente ; ces vapeurs disparurent dans l'obscurité.

En plaçant ainsi alternativement l'appareil à une vive lumière et dans une obscurité absolue, on acquérait la preuve que l'extinction de la phosphorescence dans la chambre noire n'était pas due à un état morbide de la feuille, mais réellement à ce qu'une fois soustraite à la lumière elle cessait d'émettre de l'oxygène. Une dernière observation montrera que, malgré la présence du phosphore, cette feuille conservait sa faculté de décomposer l'acide carbonique, en même temps qu'elle corroborera l'explication donnée à l'occasion de la première expérience, à savoir : que la continuation de la combustion lente dans l'obscurité provient de l'insuffisance de la surface absorbante du phosphore relativement à la surface émissive de la feuille.

III.— Le cylindre de phosphore placé à côté de la feuille avait :

En longueur..............	1 centimètre.
En diamètre...............	0,5

Après que l'appareil, d'abord exposé au soleil, eut passé dans la chambre noire, le cylindre présenta une très-vive phosphorescence, qui, en diminuant peu à peu d'intensité, ne s'éteignit qu'au bout de quatre-vingt-dix secondes; le phosphore avait continué à briller avec le concours du gaz oxygène qu'il n'avait pas fixé pendant l'exposition au soleil, à cause du peu de surface qu'il offrait à l'atmosphère confinée sous la cloche.

En réalité, quand la combustion lente du phosphore provoquée par une feuille exposée au soleil persiste à l'obscurité, c'est à l'aide de l'oxygène élaboré sous l'influence de la lumière. L'action physiologique est terminée, l'action purement chimique continue.

Dans ces expériences, la phosphorescence dans la chambre noire, après le fonctionnement de la feuille au soleil, a duré d'autant plus que la surface du phosphore était moindre. Ainsi, la feuille ayant 70 centimètres carrés, on a eu :

	Durée de la phosphorescence.	Surface du cylindre de phosphore.
		cq
I..................	40s	14,1
II................	0	90,5
III..............	90	1,6

Je crois donc être en droit de conclure que la décomposition du gaz acide carbonique commencée à la lumière par la feuille de laurier cesse instantanément dans l'obscurité.



SUR UNE MATIÈRE SUCRÉE

APPARUE SUR LES FEUILLES D'UN TILLEUL.

Le 21 *juillet* 1869, dans le jardin du Liebfrauenberg, on remarqua un tilleul dont les feuilles, sur leur face supérieure, étaient enduites d'une substance visqueuse extrêmement sucrée. L'arbre était atteint de la miellée ou miellat, sorte de manne que l'on observe assez fréquemment, non-seulement sur le tilleul, mais encore sur l'aulne noir, l'érable, le rosier; je l'ai vue sur un prunier et, cas fort rare, sur un jeune chêne.

Le 22 *juillet* au matin, la miellée était assez abondante pour tomber sur le sol en larges gouttes; c'était une pluie de manne; à 3 heures de l'après-midi, sur les feuilles exposées au soleil, la matière sucrée ne coulait plus; elle avait assez de consistance pour que l'on pût la toucher sans qu'elle adhérât aux doigts; elle formait une sorte de vernis transparent et flexible; à l'ombre, la miellée reprenait rapidement l'état visqueux.

Le 23 *juillet*, à 7 heures du soir, on a lavé et épongé plusieurs feuilles occupant l'extrémité d'une branche attenant à l'arbre, de manière à enlever toute la matière sucrée.

Le 24 *juillet*, à 6 heures du matin, les feuilles lavées la veille semblaient exemptes de miellée; cependant, à la loupe on apercevait des points luisants dus à de très-petites gouttelettes. Le soir, à 7 heures, les feuilles offraient

le même aspect. La journée avait été chaude; à l'ombre, température 29 degrés.

Le 25 *juillet*, de nombreuses taches de miellée étaient réparties sur les feuilles; il n'y en avait pas sur les nervures principales; à 3 heures, température 30 degrés.

Le 26 *juillet*, pendant la nuit, une forte ondée enleva la plus grande partie de la miellée formée la veille. Il devint dès lors impossible de suivre, ainsi qu'on se l'était proposé, les progrès de la sécrétion sur les feuilles lavées le 22. Un essaim d'abeilles envahit le tilleul.

Le 27 *juillet*, la totalité de la miellée avait disparu, par suite d'une pluie survenue dans la soirée du 26. La température s'est maintenue entre 17 et 24 degrés.

Le 28 *juillet* au matin, les feuilles portaient des taches de miellée survenues pendant la nuit.

Le 29 *juillet*, la miellée avait augmenté; sur quelques feuilles, elle occupait le tiers de la surface. A 2 heures, température 29 degrés.

Le 30 *juillet*, la miellée était très-abondante; le tilleul en resta couvert jusqu'à l'arrivée de pluies persistantes, qui eurent lieu au commencement de septembre.

A deux époques, le 22 juillet et le 1er août, on lava les feuilles pour obtenir une dissolution de miellée. Dans les eaux de lavage conservées séparément, on versa du sous-acétate de plomb, qui détermina un précipité assez abondant; on fit intervenir un courant d'acide sulfhydrique pour enlever le sel de plomb mis en excès; après ce traitement, les solutions ne devaient plus renfermer d'albumine, de gomme, etc.

Par la concentration, on obtint un sirop à peine coloré, d'une saveur agréable, et dans lequel, au bout d'un certain temps, il se formait des cristaux de sucre; mais pour la détermination des matières sucrées, on ne jugea pas nécessaire de pousser la concentration jusqu'à la consistance sirupeuse.

I. — *Miellée recueillie le 22 juillet.*

Dans 100 centimètres cubes de dissolution, on a dosé (1) :

Avant l'inversion par les acides, sucre réducteur...........	gr 1,94
Après l'inversion............	5,43
Sucre réducteur acquis...	3,49 = sucre de canne. gr 3,315

Ainsi il y avait dans la miellée deux sortes de sucre : l'un réduisant la liqueur cupropotassique directement, l'autre n'opérant la réduction qu'après avoir été interverti par l'intervention d'un acide, et analogue, par cette propriété, au sucre de canne. Quant à la nature du sucre réducteur dosé dans la solution, elle ne pouvait être révélée que par l'observation optique.

La dissolution de miellée dans laquelle on avait dosé les sucres, observée à la teinte de passage dans un tube de 2 décimètres, a occasionné une déviation de

	+7°,9 (température 17°,5).
Après l'inversion par un acide...	+1,6 (température 19,0).

La dissolution contenait, par conséquent, une substance dextrogire, compensant et au delà la déviation à gauche produite par les 3gr,495 de sucre interverti venant des 3gr,315 de sucre de canne.

Sans doute, le sucre réducteur, dont on avait dosé 1gr,94

(1) 10cc de liqueur cupropotassique réduits par sucre interverti, gr 0,0525
Id. réduits par 2cc,7 de dissolution = sucre réducteur... 0,0525
Id. réduits par 0,966 de dissolution intervertie........ 0,0525

tière sucrée recueillie sur les feuilles d'un tilleul. La mannite est d'ailleurs si facile à reconnaître, que je n'élève aucun doute sur sa présence dans le produit étudié par M. Langlois ([1]).

Dans l'impossibilité où l'on était d'extraire la dextrine, il y avait lieu de chercher à en apprécier la quantité par l'observation optique. La déviation angulaire attribuée à cette substance dans 100 centimètres cubes de la solution de miellée étant $+4^\circ,26$, le pouvoir rotatoire de la dextrine étant $+138^\circ,7$ d'après Payen, on a, en dégageant p de la formule

$$D = a\frac{V}{pl}, \qquad +138^\circ,7 = +4^\circ,26 \times \frac{100}{2p}, \qquad p = 1^{gr},53.$$

Comme contrôle de la nature et des proportions des substances agissant sur la lumière polarisée, dosées dans 100 centimètres cubes de la dissolution, l'on peut faire la somme des déviations correspondant à chacune de ces substances, pour la comparer à la déviation observée.

Ainsi l'on a dosé dans la solution :

Sucre de canne.	$3^{gr},315$	$a = +73^\circ,8 \times \frac{2 \times 3,315}{100}$	$= +4^\circ,90$
Sucre interverti (temp. 19°).	$1,94$	$a = -24,5 \times \frac{2 \times 1,94}{100}$	$= -0,95$
Dextrine......	$1,53$	Déviation constatée	$+4,26$
		Somme	$+8,21$
		Déviation observée......	$+7,9$

La différence ne dépasse pas $\frac{3}{10}$ de degrés.

On a, en même temps, la preuve que le sucre réducteur dosé par la liqueur cupropotassique, $1^{gr},94$, était bien du sucre interverti et non pas du glucose, car en supposant

([1]) *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. VII, p. 348.

le glucose, dont le pouvoir rotatoire est + 56 degrés, on aurait pour la déviation

$$a = + \frac{56^\circ \times 2 \times 1,94}{100} = + 21^\circ,73,$$

et pour la somme de déviation

$$+ 30^\circ,9,$$

résultat inadmissible.

Dans de la solution de miellée du tilleul, recueillie le 22 juillet, on a trouvé :

		Pour 100 de miellée sèche.	Pour 100 de matières agissant sur la lumière polarisée.
Sucre de canne.....	3,315	45,04	48,86
Sucre interverti.....	1,94	26,36	28,59
Dextrine..........	1,53	20,79	22,55
Matières minérales..	0,40	5,43	
Matières organiques indéterminées....	0,175	2,38	
	7,360	100,00	100,00

II. — *Miellée recueillie le 1er août.*

La solution a été traitée par le sous-acétate de plomb ; concentrée, elle était incolore. Dans 100 centimètres cubes on a dosé :

Avant l'inversion par les acides, sucre réducteur.	3gr,685
Après l'inversion.......	12,375
Sucre réducteur acquis...	8,690 = sucre de canne 8gr,255 (1).

(1) 10cc de liqueur cupropotassique réduits par sucre interverti. 0gr,0525
Id. réduits par 0cc,94 de dissolution.................
Id. réduits par 0cc,26 de dissolution intervertie......... » »

timètres carrés, on a 498 centimètres carrés pour la surface dont on avait enlevé la miellée.

Dans les 100 centimètres cubes de solution on a trouvé ([1]) :

	gr
Sucre de canne	0,69
Sucre interverti	0,36
Dextrine	0,28
Miellée sur une surface de 498 centimètres carrés	1,33

Par mètre carré, 26gr,71, contenant :

	gr
Sucre de canne	13,89
Sucre interverti	7,21
Dextrine	5,61
	26,71

La miellée dérive, à n'en pas douter, des matières sucrées des feuilles, modifiées vraisemblablement par l'état morbide qui en détermine l'exsudation ; il y avait, par conséquent, un certain intérêt à déterminer la nature et la proportion de ces matières dans des feuilles saines.

Recherches des matières sucrées dans les feuilles d'un tilleul non atteint de miellée.

Le 5 août 1869, des feuilles cueillies sur un tilleul placé dans le voisinage du tilleul malade ont été hachées et traitées de manière à leur enlever la totalité des matières solubles. Dans la décoction, de couleur brune, d'une saveur

---

([1]) On s'est borné à doser le sucre réducteur, et l'on a calculé les proportions de sucre de canne et de dextrine, d'après la composition moyenne de la miellée :

Sucre de canne	52
Sucre interverti	27
Dextrine	21
	100

sucrée, on a versé du sous-acétate de plomb. Le précipité séparé, le plomb ajouté en excès a été précipité à l'état de sulfure par un courant d'acide sulfhydrique. Le liquide décoloré a été concentré. Dans 100 centimètres cubes, on a dosé :

		gr
Avant l'inversion, sucre réducteur.		2,89 (1)
Après l'inversion,	id.	9,16
Sucre réducteur acquis...		6,27 = sucre de canne 5gr,96

Observation optique. — Le liquide mis dans un tube de deux décimètres :

Avant l'inversion, à la températ. de 9 degrés, déviation.			+ 7,02
Après l'inversion,	id.	id.	— 5,04

Or, la déviation attribuable des 9gr,16 de sucre réducteur dosé après l'inversion étant :

$$-28^{\circ},2 \times \frac{2 \times 9,16}{100} = -5^{\circ},16\ (2).$$

La déviation — 5°,04 observée après l'inversion est la somme de la déviation due aux 2gr,89 de sucre réducteur préexistant dans la solution, et de la déviation des 6gr,27 de sucre réducteur provenant de l'inversion des 5gr,96 de sucre de canne.

$$-28^{\circ},2 \times \frac{2 \times 2,89}{100} = -1^{\circ},63$$

$$-28,2 \times \frac{2 \times 6,27}{100} = -3,54$$

Somme.... — 5,17

(1) 10cc de liqueur cupropotassique réduits par sucre interverti. 0gr,0525
Id. réduits par 1cc,8 de solution.
Id. réduits par 0cc,573 de solution intervertie...........

(2) Le pouvoir rotatoire du sucre interverti connu — 26 degrés à la température de 15 degrés, — 28°,2 à la température de 9 degrés.

Dosage des sucres dans les feuilles d'un tilleul sain, cueillies le 30 septembre 1871.

On a fait passer les matières solubles de 44 grammes de feuilles dans 179 grammes d'eau, y compris l'eau constitutionnelle.

Dans le liquide, après traitement par le sous-acétate de plomb, on a dosé :

Avant l'inversion, sucre interverti..............	0gr,395 (1)	
Après l'inversion........	1,426	
Sucre réducteur acquis...	1,031 = sucre de canne..	0gr,979.

Dans 100 de feuilles :

Sucre de canne.....	2gr,225	Rapport....	4 ½
Sucre interverti	0,898	» ...	1
	3,123		

Résumé des dosages sur des feuilles saines.

Feuilles du tilleul atteint de miellée en 1869, dans 100 de feuilles fraîches.

En 1871, sur les feuilles saines, on a dosé :

Sucre de canne.....	3gr,514	Rapport ...	4,1
Sucre interverti	0,852	» ...	1,»
	4,366		

(1) 10cc de liqueur cupropotassique réduits par sucre intervert.. 0,0526
Id. réduits par 23cc,8 de dissolution..................
Id. réduits par 6cc,6 de dissolution intervertie........

Feuilles du tilleul sain en 1869, on a dosé :

Sucre de canne.....	1,915 gr	Rapport...	1,8
Sucre interverti.....	1,080	» ...	1,»
	2,995		

La proportion de matières sucrées dans les feuilles saines du tilleul atteint de miellée en 1869, et celle du tilleul qui, la même année, avait échappé à la maladie, est assez notable; peut-être cette différence est-elle due à ce que les deux arbres n'appartiennent pas à la même variété, le tilleul ayant porté de la miellée possédant des feuilles plus larges que le tilleul de la forêt. On a vu que, en 1869, le 22 juillet, 1 mètre carré de feuilles était recouvert par 26gr,71 de matières sucrées mêlées à de la dextrine.

	Sucre.	Sucre interverti.	Dextrine.	
En 1871, 1 mètre carré de feuilles saines détachées du même arbre pesait 101gr,5, et contenait, d'après les dosages..............	3,57 gr	0,86 gr	0,00 gr	= 4,43 gr
Sur 1 mètre carré de feuilles, en 1869, la miellée recueillie renfermait...........	13,89	7,21	5,61	= 26,71
Différences.....	10,32	6,35	5,61	= 22,28

L'accumulation de la matière sucrée exsudée par les feuilles malades est donc considérable, et, de plus, on constate dans cette matière une substance, la dextrine, qui n'existe pas dans les feuilles saines.

D'après des mesures prises sur un arbre du même âge et du même port, les feuilles du tilleul malade pouvaient présenter une surface de 240 mètres carrés, soit 120 mètres carrés, puisque l'exsudation ne s'est manifestée que sur un seul côté du limbe. Il en résulte que, le 22 juillet 1869, le

tilleul aurait porté 2 à 3 kilogrammes de miellée sèche, déduction faite des matières éliminées par l'intervention du sous-acétate de plomb.

Dans les conditions normales de la végétation, les sucres élaborés par les feuilles, sous l'influence de la lumière et de la chaleur, pénètrent dans l'organisme de la plante avec la sève descendante. Dans l'état anormal qui détermine la formation de la miellée, les matières sucrées sont accumulées à la surface supérieure des feuilles, soit parce qu'elles sont produites en fortes quantités, soit parce que le mouvement de la sève est interrompu ou ralenti par la viscosité résultant de la présence de la dextrine.

La miellée ne saurait être uniquement attribuée aux influences météorologiques, à ces étés chauds et secs, ainsi qu'on l'a prétendu. Sans doute, le tilleul du Liebfrauenberg a sécrété en abondance des matières sucrées, dans une année où il y a eu des périodes de très-fortes chaleurs accompagnées de grandes sécheresses, mais il ne faut pas perdre de vue qu'un seul arbre fut atteint de la maladie et que, à peu de distance, se trouvaient des tilleuls parfaitement sains.

On a prétendu que des pucerons, après avoir puisé la miellée dans le parenchyme, la répartissent ensuite, en la rendant à peine modifiée; c'est, contrairement aux résultats de l'analyse, lui assigner une composition semblable à celle du suc des feuilles. Enfin, on accorde à certains insectes la faculté de provoquer la production de la manne.

Ainsi, c'est à la piqûre d'un *Coccus* sur les feuilles du *Tamarix mannifera* que MM. Ehrenberg et Hemprich attribuent la formation de la manne, que l'on trouve encore de nos jours dans les montagnes du Sinaï. « La manne tombe sur la terre des régions de l'air (c'est-à-dire du sommet d'un arbrisseau et non du ciel). Les Arabes l'appellent *man*. Les Arabes indigènes et les moines grecs la recueillent et la mangent sur du pain en guise de miel. Je l'ai vue tomber

de l'arbre, je l'ai recueillie, dessinée, apportée moi-même à Berlin avec la plante et les restes de l'insecte. Cette manne découle du *Tamarix mannifera* (Ehrenberg). De même qu'un grand nombre d'autres mannes, elle se produit sous l'influence de la piqûre d'un insecte : c'est, dans le cas présent, le *Coccus manniparus* [H. et Ehr.] ([1]). »

La manne du Liebfrauenberg n'aurait pas alors la même origine que la manne du Sinaï, bien qu'elle ait la même composition. Lors de son apparition sur le tilleul, on ne remarqua pas d'insectes; ce fut plus tard que l'on vit quelques pucerons englués sur un certain nombre de feuilles. J'ai dit d'ailleurs, au commencement de ce Mémoire, qu'après avoir lavé l'extrémité d'une branche, on avait vu surgir, peu à peu, des points gluants, d'abord à peine perceptibles, augmentant chaque jour, jusqu'à recouvrir entièrement une des faces de la feuille. Cette extension lente et progressive de la miellée s'accomplissait évidemment sans le concours des pucerons, qui n'arrivèrent qu'ensuite, comme les mouches, comme les abeilles, pour se nourrir de la sécrétion sucrée ou pour la butiner.

---

(1) Citation de M. Berthelot, *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. LXVII, p. 83. M. Berthelot commence son Mémoire sur la manne du Sinaï par ce passage (*Liber Exodi*, cap. XVI) :

« Ils partirent d'Élim, et le peuple des fils d'Israël vint au désert de Sin, entre Élim et Sinaï, et toute la multitude des fils d'Israël murmura contre Moïse et Aaron; et les fils d'Israël leur dirent : « Pourquoi nous avez-vous » conduits dans ce désert pour faire périr de faim toute cette multitude? » Or Dieu dit à Moïse : « Voici que je ferai pleuvoir le pain du ciel... » et l'on vit apparaître dans le désert une substance menue et comme pilée, semblable à de la gelée blanche. A cette vue, les fils d'Israël se dirent les uns aux autres : « *Manhu?* » ce qui signifie : « Qu'est-ce cela? » Et la maison d'Israël appela cette substance *man*. Son goût était pareil à celui du miel. Or les fils d'Israël mangèrent la manne pendant quarante ans. Ils s'en nourrirent jusqu'à ce qu'ils fussent parvenus aux frontières de la terre de Chanaan. »

SUR

LA GERMINATION

DES

GRAINES OLÉAGINEUSES,

PAR M. A. MÜNTZ.

Le but de ce travail est d'étudier les transformations que subit la matière grasse des graines oléagineuses pendant la germination et la première phase du développement de l'embryon.

La diminution de la matière grasse pendant la germination a été constatée par différents expérimentateurs. Elle paraît remplir le même rôle que la matière amylacée, dont elle est l'équivalent dans certaines semences. Elle a ainsi une double fonction : celle de servir de combustible respiratoire en même temps que de fournir le glucose, point de départ des autres hydrates de carbone qui constituent les éléments essentiels de la jeune plante.

J'ai entrepris, dans la première partie de ce Mémoire, de rechercher s'il y avait dans le travail végétatif de la germination une décomposition des huiles en glycérine et en acides gras, et, dans le cas affirmatif, si l'un de ces éléments disparaissait avant l'autre.

En soumettant à la putréfaction des graines ou des fruits contenant des matières grasses, il y a production d'acides gras libres (1); l'huile de coco, formée en grande partie

(1) Boussingault, *Économie rurale*, t. I, p. 300 et 307.

par des acides gras, est extraite après la putréfaction du coco; auparavant, ce fruit ne contient qu'une huile neutre.

M. Pelouze a vu ([1]) des graines broyées, enfermées dans des flacons, subir une fermentation lente dont l'effet était d'opérer la dissociation de la matière grasse, qui, au bout de quelques mois, était presque complète dans certaines graines.

On n'a pas recherché ce que devenait la glycérine dans ces circonstances, mais il est probable qu'elle sert au ferment d'élément respiratoire.

La ressemblance de certaines fonctions de l'embryon avec celles des ferments m'a fait supposer qu'une action pareille pouvait avoir lieu pendant la germination. Cette supposition a été entièrement confirmée par les expériences qui vont suivre.

Je n'ai opéré que sur trois espèces de graines, celles du maïs, du colza et du pavot; mais je crois qu'on pourra étendre à toutes les graines oléagineuses les faits que j'ai observés.

Les germinations s'effectuaient soit sur du papier à filtrer maintenu humide, soit sur de l'asbeste imbibé d'eau. Elle a eu lieu à l'obscurité, sauf dans la première expérience. La graine germée ([2]) était épuisée par l'eau bouillante, afin d'enlever la matière soluble qui se serait retrouvée en partie dans l'huile, d'où elle est difficile à extraire.

La solution obtenue était évaporée et l'extrait traité par l'alcool absolu ou par un mélange d'alcool et d'éther. Malgré le soin qu'on a mis à cette recherche, on n'a pu découvrir dans la solution alcoolique aucune trace de glycérine.

([1]) *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. XLV, p. 319.

([2]) Le papier et l'asbeste adhérents aux radicules étaient traités avec la plante.

Il n'existait donc pas de glycérine libre dans l'organisme de la jeune plante.

Après le traitement par l'eau, on desséchait la plante, on la broyait et on l'introduisait dans un tube à déplacement, où elle était épuisée par l'éther. La solution éthérée, recueillie dans une capsule, était desséchée à 110 degrés. Plus la germination était avancée, plus l'huile obtenue était colorée. On n'a pas réussi à lui enlever cette coloration en la traitant par plusieurs dissolvants. A une époque plus avancée de la germination, l'huile paraissait être de plus en plus épaisse.

On a déterminé approximativement la quantité d'acides gras mis en liberté par des traitements par l'alcool absolu, qui dissout une grande quantité de ces derniers et une petite quantité seulement d'huile neutre, et, d'une manière plus exacte, par le procédé de M. Pelouze [1], en saponifiant la matière grasse obtenue par la chaux monohydratée à 215 degrés et décomposant par l'acide chlorhydrique le savon calcaire. Je me suis encore servi d'une lessive de potasse pour opérer la saponification. Dans ces deux cas les acides gras, bien lavés à l'eau, étaient redissous par l'éther, puis desséchés et pesés.

I. — *Germination du radis à la lumière diffuse* [2].

	Matière grasse obtenue.
	gr
1. 5 grammes de graine non germée..............	1,750
2. 5 grammes de graine après deux jours de germination, la longueur de la tigelle étant $0^m,003$ à $0^m,005$....	1,635

---

[1] *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. XLVII, p. 371.

[2] Pendant la dessiccation, la radicule a acquis une coloration bleue très-prononcée, due probablement à la formation d'une matière semblable à l'indigo : ce fait se rencontre dans différentes plantes, notamment dans le

3. 5 grammes de graine après trois jours de germination, la longueur de la tigelle étant $0^m,008$ à $0^m,012$... 1,535 gr

4. 5 grammes de graine après quatre jours de germination, la longueur de la tigelle étant $0^m,015$ à $0^m,020$; cotylédons commençant à verdir.................... 0,790

La matière grasse de la graine non germée était neutre au papier de tournesol, celle des graines germées avait une réaction fortement acide.

Les huiles obtenues ont été traitées chacune par 6 fois son poids d'alcool absolu qui a dissous :

		Pour 100 d'huile.
1...............	0,178 gr	10,17
2...............	0,893	54,62
3...............	1,215	79,25
4...............	0,751	95,06

La proportion d'acide gras libre allait donc en augmentant rapidement.

II. — *Germination du pavot à l'obscurité.*

	Matière grasse obtenue.
1. 20 grammes de graine non germée	8,915 gr
2. 20 grammes de graine après deux jours de germination, la longueur de la tigelle étant $0^m,008$ à $0^m,010$....	6,815
3. 20 grammes de graine après quatre jours de germination, la longueur de la tigelle étant $0^m,015$ à $0^m,020$....	3,900

(2 et 3, réaction acide au tournesol.)

Mercurialis perennis. Dans cette germination, comme dans celle du colza, le papier blanc sur lequel les plantes se développaient acquérait une coloration d'un rouge vineux dont les alcalis ne changeaient pas la teinte. Aucune partie de la plante ne présentait cette coloration.

Les huiles obtenues ont été traitées chacune par 6 fois son poids d'alcool absolu qui a dissous :

		Pour 100 d'huile.
	gr	
1..............	0,975	10,93
2..............	3,640	53,41
3..............	3,770	96,92

III. — *Germination du colza à l'obscurité.*

	Matière grasse obtenue.
	gr
1. 20 grammes de graine non germée............	8,540
2. 20 grammes de graine après trois jours de germination, la longueur de la tigelle étant $0^m,015$ à $0^m,020$....	5,235
3. 20 grammes de graine après cinq jours de germination, la longueur de la tigelle étant $0^m,020$ à $0^m,030$....	3,700

(2 et 3, réaction acide au tournesol.)

Les huiles obtenues ont été traitées chacune par 6 fois son poids d'alcool absolu qui a dissous :

		Pour 100 d'huile.
	gr	
1..............	0,946	11,07
2..............	3,642	69,56
3..............	3,628	98,05

Dans ces deux dernières expériences il y a encore augmentation rapide dans la proportion d'acide libre.

Les quantités de matière soluble dans l'alcool sont loin de représenter les proportions d'acides gras libres, parce que l'alcool lui-même — et surtout quand il est déjà chargé d'acides gras — dissout une certaine quantité d'huile neutre. Mais ces expériences prouvent suffisamment la formation et l'augmentation de l'acide libre.

IV. — *Germination du pavot à l'obscurité.*

On a extrait par l'éther :

1° L'huile de la graine non germée;

2° L'huile de la graine ayant germé pendant trois jours, la longueur de la tigelle étant $0^{m},010$ à $0^{m},015$;

3° L'huile de la graine ayant germé pendant cinq jours, la longueur de la tigelle étant $0^{m},015$ à $0^{m},025$.

On a pris 20 grammes de chacune des huiles obtenues, desséchées à 110 degrés, qu'on a saponifiées par la chaux, d'après le procédé que j'ai indiqué.

	Huile employée.	Acides gras obtenus.	Acides gras dosés pour 100 d'huile.
	gr	gr	
1............	20	19,005	95,025
2............	20	19,641	98,205
3............	20	19,842	99,210

V. — *Germination du colza à l'obscurité.*

On a extrait par l'éther :

1° L'huile de la graine non germée;

2° L'huile de la graine ayant germé pendant trois jours, la longueur de la tigelle étant $0^{m},015$ à 0,020;

3° L'huile de la graine ayant germé pendant cinq jours, la longueur de la tigelle étant $0^{m},020$ à $0^{m},030$.

25 grammes de chacune de ces huiles ont été traités comme dans l'expérience IV.

	Huile employée.	Acides gras obtenus.	Acides gras dosés pour 100 d'huile.
	gr	gr	
1............	25	23,873	95,492
2............	25	24,482	97,928
3............	25	24,898	99,592

VI. — *Germination du pavot à l'obscurité.*

On a extrait par l'éther :

1° L'huile de la graine non germée;
2° L'huile de la graine ayant germé pendant six jours, la longueur de la tigelle étant 0m,025 à 0m,030.

20 grammes de chaque huile ont été saponifiés par la potasse.

	Huile employée.	Acides gras obtenus.	Acides gras dosés pour 100 d'huile.
1............	20gr	19gr,113	95,565
2............	20	19,963	99,815

VII. — *Germination du colza à l'obscurité* (1).

On a extrait par l'éther :

1° L'huile de la graine non germée;
2° L'huile de la graine ayant germé pendant six jours, la longueur de la tigelle étant 0m,025 à 0m,035.

25 grammes de chaque huile ont été saponifiés par la potasse.

	Huile employée.	Acides gras obtenus.	Acides gras dosés pour 100 d'huile.
1............	25gr	23gr,913	95,652
2............	26	24,931	99,724

La proportion des acides gras libres augmente donc rapidement pendant la germination. Après cinq ou six jours, la matière grasse des jeunes plantes ne contient donc plus qu'une quantité insignifiante d'huile neutre.

(1) Je donne, pour le dosage des acides gras par la saponification, les quatre expériences qui me paraissent mériter le plus de confiance. Les premières tentatives que j'ai faites à ce sujet ne m'ont donné que des résultats peu satisfaisants, le maniement des corps gras exigeant une grande habitude quand il faut opérer avec précision.

Les recherches de différents auteurs ([1]) tendent à prouver que, pendant la germination des graines oléagineuses, c'est la matière grasse qui fournit le glucose d'où dérivent les autres hydrates de carbone, principaux éléments de développement de l'embryon ([2]). Elle remplirait ainsi un rôle absolument identique à celui de la matière amylacée dans les graines qui en contiennent.

Il m'a paru intéressant d'examiner si, pour arriver à cette transformation, les acides gras ne passaient pas par un état intermédiaire, et, dans le cas affirmatif, quel serait le corps ainsi produit. C'est le but que je me suis proposé dans cette seconde partie de mon travail.

D'un côté, la propriété des acides gras d'absorber de l'oxygène et de se transformer en des composés analogues aux résines, de l'autre la composition des résines, qui peut être considérée, surtout au point de vue de la teneur en oxygène, comme intermédiaire entre celle des acides gras et celle des hydrates de carbone, m'ont fait supposer que l'état de résine pouvait être la première transformation que subiraient ces acides par une sorte de combustion incomplète.

Mes recherches ont été dirigées dans ce sens, et l'analyse organique m'a paru le procédé le plus propre à constater s'il y avait une absorption d'oxygène.

Th. de Saussure, dans un travail sur la germination des graines oléagineuses ([3]), fait voir que ces graines se distinguent des graines amylacées en absorbant, pour germer, une quantité d'oxygène très-supérieure à celle de l'acide

---

([1]) J. Sachs, *Physiologie végétale*, traduction Micheli. — Peters, *Landw. Versuchsstat*, 1861, fascicule VII, p. 1. — Fleury, *Annales de Chimie et de Physique*, 4e série, t. IV, p. 38.

([2]) D'autres expérimentateurs ont établi la transformation inverse des hydrates de carbone en matière grasse pendant la maturation des graines. (H. von Mohl, *Die Vegetabilische Zelle*, p. 250. — S. de Luca, *Comptes rendus*, 1862, p. 506; etc.)

([3]) *Bibliothèque universelle de Genève*, t. XL, p. 368.

carbonique qui se produit en même temps. M. Fleury [illegible], s'appuyant sur le travail de de Saussure, dit que l'action de l'hydrogène pourrait se borner à brûler le carbone et l'hydrogène en excès dans les corps gras pour les amener à la composition des hydrates de carbone, mais que l'expérience avait montré que l'action oxydante allait plus loin et qu'elle fixait l'oxygène sur la matière grasse. Aucune expérience directe n'a cependant été faite pour prouver cette supposition, et le fait de l'absorption d'oxygène par la graine n'implique pas nécessairement une oxydation de la matière grasse, il m'a donc semblé utile de traiter cette question directement.

Les acides gras sur lesquels j'opérais étaient obtenus de la manière suivante. La graine, germée ou non, était épuisée par l'eau bouillante (*), séchée et broyée puis traitée par l'éther. L'huile obtenue était saponifiée par une lessive de potasse, le savon formé, décomposé par l'acide chlorhydrique, et l'acide gras, lavé à l'eau, dissous par l'éther et séché.

Dans toute cette série d'opérations, j'ai cherché à éviter autant que possible le contact de l'air, qui, en introduisant de l'oxygène dans la matière grasse, aurait jeté des incertitudes sur les résultats.

[illegible] se distinguent entre [illegible] précipités de leurs [illegible] savonis le sont [illegible] la graine non [illegible] qui avaient

(*) [illegible] indispen- [illegible] j'opé- [illegible] C'est par la [illegible] germina- [illegible] poser

germé pendant dix jours étaient tous les deux entièrement précipités par une dissolution de chlorure de sodium. Cette première distinction n'existe donc pas entre les acides correspondant à ces savons.

L'analyse organique n'a pas non plus révélé une différence très-considérable dans leur composition; cependant cette différence existe, et les résultats que je vais exposer montrent nettement qu'il y a une absorption lente, mais progressive, d'oxygène par les acides gras pendant l'accroissement de l'embryon. Cette absorption ne leur a fait gagner que 2 à 3 pour 100 d'oxygène, quantité beaucoup trop faible pour les convertir en résines.

Je n'ai fait aucune recherche sur la nature des huiles ou des acides gras, ne voulant pas dépasser les limites que j'avais assignées à mon travail. Les acides oléique, margarique et brassicique (?) du colza devaient former la presque totalité des acides sur lesquels j'opérais. J'ai, du reste, considéré l'action oxydante dans son ensemble, quoiqu'elle ait surtout dû porter sur l'acide oléique, qui absorbe l'oxygène avec une grande facilité.

I. *Acides gras du colza avant la germination.* — Couleur légèrement ambrée; liquides à 20 degrés; au-dessous de 20 degrés, il se forme quelques aiguilles; au dessous de 15 degrés, presque toute la masse est prise en cristaux.

Matière employée........................ $0^{gr},4055$

ont donné :

Eau..................	$0^{gr},430$
Acide carbonique.......	1,140

Composition centésimale.

C........	76,67
H.......	11,78
O.	11,55

II. *Acides gras du colza après trois jours de germination* (¹). Longueur de la tigelle 0m,005 à 0m,008; liquides de 15 à 20 degrés, sensiblement colorés.

Matière employée........................	0gr,4120

ont donné :

Eau..................	0gr,424
Acide carbonique.......	1,127

Composition centésimale.

C........	74,60
H	11,43
O........	13,97

III. *Acides gras du colza après six jours de germination.* Liquides à 15 degrés; coloration olive; longueur de la tigelle 0m,015 à 0m,030.

Matière employée........................	0gr,4085

ont donné :

Eau	0gr,423
Acide carbonique.......	1,111

Composition centésimale.

C........	74,17
H	11,50
O........	14,33

IV. *Acides gras du colza après dix jours de germination.* Liquides à 15 degrés, coloration olive foncé; longueur de la tigelle 0m,040 à 0m,050.

Matière employée........................	0gr,4380

ont donné :

Eau	0gr,4[illegible]
Acide carbonique.......	1,[illegible]

(¹) [illegible] obscurité.

Composition centésimale.

C.......	73,85
H.......	11,31
O.......	14,84

V. *Acides gras du pavot avant la germination.* — Incolores; déposant entre 15 et 20 degrés des cristaux blancs.

Matière employée........................... $0^{gr},4435$

ont donné :

Eau..................	$0^{gr},465$
Acide carbonique.......	1,235

Composition centésimale.

C........	75,94
H........	11,65
O........	12,41

VI. *Acides gras du pavot après six jours de germination.* — Liquides de 15 à 20 degrés; peu colorés; longueur de la tigelle $0^{m},015$ à $0^{m},025$.

Matière employée........................... $0^{gr},4380$

ont donné :

Eau	$0^{gr},445$
Acide carbonique.......	1,205

Composition centésimale.

C........	75,03
H.......	11,29
O.......	13,68

VII. *Acides gras du pavot après dix jours de germination.* — Liquides à 15 degrés; sensiblement colorés; longueur de la tigelle $0^{m},025$ à $0^{m},035$.

Matière employée........................... $0^{gr},4205$

ont donné :

Eau..................	$0^{gr},420$
Acide carbonique.......	1,149

Composition centésimale.

C. 74,52
H 11,09
O. 14,39

Tous ces nombres sont résumés dans le tableau suivant :

	AVANT la germination	APRÈS trois jours de germination	APRÈS six jours de germination.	APRÈS dix jours de germination.
		Acides gras du colza.		
Carbone	76,67	74,60	74,17	73,85
Hydrogène.	11,78	11,43	11,50	11,31
Oxygène............	11,55	13,97	14,33	14,84
	100,00	100,00	100,00	100,00
		Acides gras du pavot.		
Carbone..	75,94	"	75,03	74,52
Hydrogène..........	11,65	"	11,29	11,09
Oxygène....... ...	12,41	"	13,68	14,39
	100,00	"	100,00	100,00

On remarque qu'à mesure que la germination avance l'oxygène augmente et le carbone diminue ; l'hydrogène ne parait diminuer que dans une proportion très-faible.

Je ne chercherai à tirer aucune déduction théorique de ce travail, me bornant à exposer les résultats que j'ai obtenus, savoir que :

1° Pendant la germination des graines oléagineuses, la matière grasse se dédouble progressivement en glycérine et en acides gras ;

2° La glycérine disparait à mesure qu'elle est mise en liberté ;

3° A une certaine époque, la jeune plante ne contient plus que des acides gras libres ;

4° Par l'accroissement de l'embryon, ces acides gras subissent une absorption lente, mais progressive, d'oxygène, qui, dans les limites dans lesquelles j'ai opéré, n'a pas dépassé 3 à 4 pour 100.



STATIQUE

DES

CULTURES INDUSTRIELLES;

Par M. A. MÜNTZ.

LE HOUBLON.

Ce travail est destiné à faire suite à une série de recherches entreprises par M. Boussingault, et dont la première partie (*Statique des Cultures industrielles, le Tabac*) a été publiée il y a quelques années ([1]).

Il forme une suite d'autant plus naturelle à cette publication que, les expériences ayant été exécutées dans la même localité, les résultats offrent des points de comparaison plus exacts.

Le but principal de ce travail est de déterminer les quantités de principes assimilés pendant le développement du houblon et, par suite, les éléments définitivement enlevés au sol par la récolte.

Dans les cultures industrielles exigeant de fortes fumures, il semble que l'on fait plutôt une avance qu'une dépense réelle d'engrais, par cette raison que les matières fertilisantes exportées ne forment qu'une fraction, plus ou moins considérable, de celles qu'on a dû donner à la terre pour obtenir le produit exportable, c'est-à-dire, dans le cas du houblon, les cônes. On sait que les tiges et les

---

([1]) *Agronomie*, t. IV, p. 100.

feuilles, dans un domaine bien dirigé, restent pour aller aux engrais ou à l'étable.

Un but secondaire de ces recherches a été l'étude de l'assimilation des principaux éléments à diverses phases du développement de la plante; on a, par conséquent, comparé la composition des différents organes à deux époques de la végétation.

Dans les déterminations des matières minérales, à l'occasion des importantes recherches de M. Peligot sur la diffusion de la soude dans les végétaux, on a mis un soin tout particulier à déterminer quelle était la part attribuable à cet alcali, comme élément constitutif, dans les différentes parties du houblon. J'ai employé, à cet effet, le procédé de séparation de la potasse et de la soude, que M. Schlœsing a récemment décrit ([1]).

Une houblonnière située à Wœrth, à la base du Liebfrauenberg (Bas-Rhin), a servi à ces expériences.

Sa contenance est de 38 ares; le nombre de perches est de 1200, dont chacune supporte deux plants; elle reçoit annuellement sept voitures de fumier de ferme ou leur équivalent.

Au mois d'avril, les jeunes pousses commencent à se développer; à cette époque, on bèche tout le sol de la plantation et un peu plus tard on procède à la ligature des plants que l'on continue à mesure que la plante s'allonge, jusqu'à ce qu'elle ait une longueur de 6 à 7 mètres. Vers le milieu du mois de juin a lieu le binage; c'est à cette époque que j'ai fait la première prise d'échantillons. Des plants semblables à ceux que je prélevais étaient marqués et ont servi à la seconde prise d'échantillons, qui a été effectuée en septembre, au moment de la cueillette.

Les dessiccations ont été faites à 110 degrés, à l'étuve ou

([1]) *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, t. LXXIII, p. 1269.

au bain de cire : le carbone, l'hydrogène, l'oxygène ont été dosés par l'analyse organique ; l'azote par la chaux sodée et l'acide sulfurique titré. Les incinérations ont été opérées dans le moufle à gaz, à la température la plus basse possible.

L'acide phosphorique et la magnésie ont été précipités à l'état de phosphate ammoniaco-magnésien, avec intervention de l'acide citrique ([1]), et pesés à l'état de pyrophosphate. La potasse et la soude ont été déterminées de la manière suivante : traitement des cendres par l'acide chlorhydrique ; évaporation à sec ; traitement de la dissolution par l'eau de baryte ; séparation de l'excès de baryte par le carbonate d'ammoniaque ; volatilisation de l'excès de carbonate d'ammoniaque, pesée du mélange de chlorure de potassium et de sodium ; transformation de ces chlorures en perchlorates ([2]) ; séparation par l'alcool ; transformation du perchlorate de soude en sulfate qu'on pèse après en avoir séparé les traces de magnésie qu'il contient presque toujours. Le poids de la potasse s'obtient par différence ([3]).

Pour doser l'acide carbonique retenu dans les cendres et échappant par conséquent à l'analyse organique, on a traité les cendres restant dans la nacelle après la combustion par un poids déterminé d'acide antimonique (environ deux

---

([1]) Ce procédé, simple et commode, est très-recommandable ; les résultats qu'il donne sont satisfaisants dans la plupart des cas.

([2]) Schlœsing, Mémoire cité.

([3]) J'ai cru devoir apporter cette légère modification au procédé de M. Schlœsing, pour cette raison que le pesage du perchlorate de potasse présente quelquefois des difficultés à cause de la tendance de ce sel à grimper et souvent à déborder la petite capsule de porcelaine dans laquelle on fait le traitement et la pesée. De la manière dont j'opérais, n'ayant pas à peser le perchlorate de potasse, j'ai pu effectuer le traitement dans des capsules assez grandes pour empêcher tout débordement des cristaux. — Je me suis assuré, par quelques expériences synthétiques, que ce procédé de séparation donne d'excellents résultats, comme M. Schlœsing l'a démontré dans son Mémoire.

fois le poids des cendres); le mélange, imbibé d'eau, était chauffé à 100 degrés; tout l'acide carbonique se dégageait; après la dessiccation on élevait la température, sans toutefois atteindre le rouge sombre. De cette manière, on chassait toute l'eau combinée en évitant la décomposition de l'acide antimonique. La différence de poids donnait exactement l'acide carbonique contenu dans la matière minérale. Je crois que ce procédé peut s'employer avec succès pour doser l'acide carbonique dans les cendres qui ne contiennent, comme dans le cas du houblon, que des proportions insignifiantes de chlorures et de sulfates. Il n'exige que peu de temps et très-peu de matière.

La détermination des surfaces a été faite en étalant quelques feuilles, choisies pour pouvoir représenter la moyenne, sur du papier qu'on découpait en suivant le bord de la feuille. Le poids du mètre carré de ce papier étant déterminé, on n'avait qu'à peser les parties découpées pour trouver la surface qui représentait celle des feuilles.

Le 22 juin, on a procédé à la première prise; on a prélevé deux plants attachés à la même perche; il n'existait pas encore de branches; les feuilles étaient directement insérées sur la tige. Les deux plants pesaient 806 grammes, comprenant 376 grammes de tiges et 430 grammes de feuilles.

Longueur de la tige, 6 mètres.

Poids des tiges fraîches, 376 grammes; sèches.....	gr 131.25
Matière sèche pour 100 de tiges fraîches.........	34.90

Surface des deux tiges..........................	dc 29,6
Surface des feuilles, les deux faces.................	375,7
Surface des deux plants, fonctionnant dans l'atmosph.	405,3

Composition de la tige.

	Pour la [illegible] en expérience	Pour 100 de tige fraîche.	Pour 100 de tige sèche.
	gr	gr	gr
Eau	[illegible]	64,08	»
Carbone	[illegible]	16,84	48,20
Hydrogène	[illegible]	2,04	5,81
Oxygène	[illegible]	14,80	42,20
Azote	[illegible]	0,460	1,317
Acide phosphorique . . .	[illegible]	0,167	0,478
Magnésie	[illegible]	0,156	0,447
Potasse	[illegible]	0,403	1,155
Soude	[illegible]	0,003	0,009
Matières minér. non dét.	[illegible]	0,131	0,384
	[illegible]	100,000	100,000

Dosage du carbone et de l'hydrogène.

Matière brûlée. [illegible] gr = mat. sèche [illegible] gr — eau hygrom. 0,036 gr

Obtenu : cendres. [illegible] gr contenant CO^2 [illegible] gr

Eau... 0,24[illegible] gr — eau hygrom... [illegible] = HO [illegible]212 gr = H 0,02355 gr

CO^2 0,7[illegible] — CO^2 des cendres... [illegible] = CO^2 0,7128 = C 0,1944

Dosage de l'azote.

Matière sèche employée. [illegible] gr

Titre de l'acide : avant. 2[illegible] cc ([illegible] centim. cubes acide = 0,0175 gr d'azote.)

— après.. 11,[illegible]

14,9 = Azote 0,0[illegible] gr.

Dosage de la potasse, de la soude, de l'acide phosphorique et de la magnésie.

Matière sèche incinérée.... 44,4 gr

Obtenu : Chlorures de potass. et de sodium.... 0,820 gr

Sulf. de soude. 0,009 gr = Chlor. de sod. 0,008 = Soude.. 0,0039 gr

Chlorure de potassium.. .... 0,812 = Potasse. 0,5130

Liqueur contenant l'acide phosphorique et la magnésie, 463 centimètres cubes, divisée en 2 parties.

Pour ac. phosph. 250 cc; pyrophosph. de magn. 0,181 gr = Ac. phosph. 0,1147 gr

Pour les 44gr,4.... » 0,2124

Pour magnésie 213; pyrophosph. de mag. 0,240 = Magnésie .. 0,0912

Pour les 44gr,4... » 0,1983

Poids des feuilles fraîches, 430 grammes; sèches.. 107^{gr},1
Matière sèche pour 100 de feuilles fraîches...... 24,90

Composition des feuilles (¹).

	Pour la perche en expérience.	Pour 100 de feuilles fraîches.	Pour 100 de feuilles sèches.
	gr	gr	gr
Eau..................	322,93	75,10	»
Carbone...............	47,24	10,99	44,11
Hydrogène.............	5,57	1,29	5,20
Oxygène...............	36,32	8,45	33,91
Azote.................	4,631	1,077	4,326
Acide phosphorique.....	1,126	0,262	1,051
Magnésie..............	1,336	0,311	1,248
Potasse...............	1,375	0,320	1,284
Soude.................	0,004	0,001	0,004
Matières min. non déterm.	9,468	2,199	8,867
	430,000	100,000	100,000

(¹) *Dosage du carbone et de l'hydrogène.*

Matière brûlée. 0^{gr},445 = Matière sèche. 0^{gr},401 + eau hygrom. 0^{gr},044

Obtenu : cendres. 0^{gr},0675, contenant CO^2 0^{gr},0175.

Eau.. 0^{gr},235 — eau hygrom...... 0^{gr},044 = HO 0^{gr},188 = H 0^{gr},02089
CO^2.. 0,631 + CO^2 des cendres... 0,0175 = CO^2 0,6485 = C 0,1769

Dosage de l'azote.

Matière sèche employée... 0^{gr},4338; 2 pipettes d'acide.

Titre de l'acide : avant.. 26^{cc},3
— après.. 24,4
1,9
+ 26,3
28,2 = Azote.. 0^{gr},01876

Dosage de la potasse, de la soude, de l'acide phosphorique et de la magnésie.

Matière sèche incinérée..... 44^{gr},21

Obtenu : Chlorures de potass. et de sodium... 0^{gr},9020

Sulf. de soude. 0^{gr},004 = Chlor. de sod. 0,0035 = Soude.. 0^{gr},00175
Chlorure de potassium....... 0,8985 = Potasse. 0,5677

Liqueur contenant l'acide phosphorique et la magnésie, 443 centimètres cubes, divisée en 2 parties.

Pour ac. phosph. 250^{cc}; pyrophosph. de magn. 0^{gr},414 = Ac. phosph. 0^{gr},2623
Pour les 44^{gr},21...... » 0,4648
Pour magnésie 193; pyrophosph. de magn. 0,656 = Magnésie.. 0,2403
Pour les 44^{gr},21...... » 0,5516

Composition d'un plant le 22 juin.

Eau	[illegible]
Carbone	[illegible]
Hydrogène	[illegible]
Oxygène	[illegible]
Azote	[illegible]
Acide phosphorique	[illegible]
Magnésie	[illegible]
Potasse	[illegible]
Soude	[illegible]
Matières minérales non déterminées	[illegible]
	403,00[illegible]

Partant de cette composition, on trouve que le 22 juin les matières assimilées étaient :

	Pour les 2400 plants de la parcelle cultivée de 38 ares.	Pour les 6316 plants que contiendrait un hectare
	kil	kil
Eau	681,192	1792,670
Carbone	132,648	349,085
Hydrogène	15,864	41,749
Oxygène	110,496	290,789
Azote	7,632	20,083
Acide phosphorique	2,987	7,860
Magnésie	3,354	8,826
Potasse	4,548	11,967
Soude	0,022	0,059
Matières minérales non déterminées.	8,457	22,260
	967,200	2545,348

Il y avait donc eu, pendant la période de végétation comprise entre le commencement d'avril, époque à laquelle les bourgeons apparaissent, et le 22 juin, époque de la

prise d'échantillons, environ quatre-vingt-deux jours, une assimilation moyenne par jour :

	Pour un plant.	Pour les plants d'un hectare.
	gr	kil
Carbone............	0,674	4,257
Azote..............	0,039	0,246
Acide phosphorique...	0,011	0,069
Matière sèche........	1,453	8,177

Les 4^{kil},257 de carbone, assimilés par jour sur un hectare, proviennent de 15^{kil},609 d'acide carbonique, qui représentent un volume de 7^{mc},895 de ce gaz, c'est-à-dire l'acide carbonique contenu normalement dans 19738 mètres cubes d'air.

Le 17 septembre, on a procédé à la deuxième prise; on a prélevé deux plants attachés à la même perche. Les tiges avaient des ramifications nombreuses, portant les feuilles et les cônes. Les deux plants pesaient 5^{kil},236, comprenant 1^{kil},158 de tiges, 943 grammes de branches, 955 grammes de feuilles et 2^{kil},180 de cônes.

Les tiges avaient une longueur de 11^{m},1.

	dc
Surface des tiges....................	55,50
Surface des branches...	64,78
Surface des feuilles, les deux faces......	1,050,58
Surface fonctionnant dans l'atmosphère, les cônes exceptés.................	1,170,86

	gr
Poids des tiges fraîches, 1^{kil},158; sèches...	432,5
Matière sèche pour 100 de tiges fraîches....	38,21
Poids des branches fraîches, 943 gr.; sèches..	351,7
Matière sèche pour 100 de branches fraîches.	37,29

Composition des tiges et branches (*).

	De la perche en expérience.	Pour 100 de tiges et branches fraîches.	Pour 100 de tiges et branches sèches.
	gr		
Eau	1316,80	62,67	»
Carbone	381,36	18,15	48,63
Hydrogène	47,37	2,26	6,04
Oxygène	336,11	16,00	42,86
Azote	7,758	0,369	0,989
Acide phosphorique	1,807	0,086	0,230
Magnésie	2,294	0,109	0,293
Potasse	4,095	0,194	0,522
Soude	0,055	0,003	0,007
Matières min. non déterm.	3,351	0,159	0,429
	2101,000	100,000	100,000

(*) Pris des parties proportionnelles de tiges et de branches.

Dosage du carbone et de l'hydrogène.

Matière brûlée. 0gr,444 = Matière sèche. 0gr,4061 + eau hygrom. 0gr,0379

Obtenu : cendres. 0gr,0085 contenant. CO^2 0gr,0025.

Eau..	0gr,2590 — eau hygrom.....	0gr,0379 = HO	0gr,2211 = H	0gr,02456
CO^2..	0,7215 + CO^2 des cendres..	0,0025 = CO^2	0,7240 = C	0,1975

Dosage de l'azote.

Matière sèche employée. 0gr,4573

Titre de l'acide : avant.. 26cc,3
— après.. 19,7
6,6 = Azote. 0gr,00452

Dosage de la potasse, de la soude, de l'acide phosphorique et de la magnésie.

Matière sèche incinérée. 156gr,8

Obtenu : Chlorures de potassium et de sodium. 1gr,212

Sulf. de soude. 0gr,013 = Chlor. de sod. 0,011 = Soude.. 0gr,0057

Chlorure de potassium..... 1,201 = Potasse. 0,8190

Liqueur contenant l'acide phosphorique et la magnésie, 320 centimètres cubes, divisée en deux parties.

Pour ac. phosph. 170cc; pyrophosph. de magn. 0gr,303 = Ac. phosph. 0gr,192
Pour les 156gr,8,.... » 0,3611
Pour magnésie 150; pyrophosph. de magn. 0,550 = Magnésie... 0,2015
Pour les 156gr,8..... » 0,4587

Les feuilles ont été divisées en trois catégories, suivant leur grandeur :

1° Feuilles à pétiole inséré sur la tige, grandes, commençant à se faner :

Poids des feuilles fraîches, 315 grammes; sèches.	118^{gr},1
Matière sèche, pour 100 de feuilles fraîches...	37,5

2° Feuilles à pétiole inséré sur les branches, moins grandes, encore en pleine végétation :

Poids des feuilles fraîches, 165 grammes; sèches.	56^{gr},8
Matière sèche, pour 100 de feuilles fraîches....	34,4

3° Feuilles insérées à la base du pédoncule portant la fleur, petites, vertes et tendres :

Poids des feuilles fraîches, 475 grammes; sèches.	154^{gr},5
Matière sèche, pour 100 de feuilles fraîches....	32,5
Poids total des feuilles fraîches, 955^{gr}; sèches.	329,4

Composition des feuilles [1]

	De la perche en expérience.	Pour 100 de feuilles fraîches.	Pour 100 de feuilles sèches.
Eau	625gr,60	65,51	»
Carbone	143,92	15,07	43,69
Hydrogène	16,37	1,71	4,97
Oxygène	124,51	13,04	37,80
Azote	7,699	0,701	2,337
Acide phosphorique	0,984	0,103	0,299
Magnésie	2,639	0,276	0,801
Potasse	2,755	0,288	0,836
Soude	0,041	0,004	0,013
Matières min. non déterm.	30,482	3,298	9,254
	955,000	100,000	100,000

---

(1) Pris des parties proportionnelles de chaque catégorie de feuilles.

Dosage du carbone et de l'hydrogène.

Matière brûlée. 0gr,4935 = Matière sèche. 0gr,4390 + eau hygrom. 0gr,0545

Obtenu : cendres. 0gr,0655 contenant CO^2. 0gr,0163.

Eau. 0gr,251 — eau hygrom .... 0gr,0545 = HO 0gr,1965 = H. 0gr,02183
CO^2. 0,687 + CO^2 des cendres. 0,0163 = CO^2 0,7033 = C. 0,1918

Dosage de l'azote.

Matière sèche employée.. 0gr,3558

Titre de l'acide : avant. 26cc,3
après.. 13,8
12,5 = Azote. 0gr,0083

Dosage de la potasse, de la soude, de l'acide phosphorique et de la magnésie.

Matière sèche incinérée. 65gr,9

Chlorures de potassium et de sodium....... 1gr,0550

Sulfate de soude. 0gr,019 = Chlorure de sod. 0,0156 = Soude.. 0gr,0083

Chlorure de potassium.......... 1,0394 = Potasse. 0,551

Liqueur contenant l'acide phosphorique et la magnésie, 575 centimètres cubes divisés en 2 parties.

Pour ac. phosph. 300cc; pyrophosph. de magn. 0gr,162 = Ac. phosph. 0gr,1026
Pour les 65gr,9... » 0,1967
Pour magnésie 275; pyrophosph. de magn. 0,689 = Magnésie. 0,2524
Pour les 65gr,9... » 0,5278

Cônes, le 17 septembre, au moment de la cueillette :

Poids des cônes frais, 2kil, 180; secs........ 553gr,6
Matière sèche, pour 100 de cônes frais...... 25,39

Composition des cônes (1)

	De la perche en expérience.	Pour 100 de cônes. frais.	Pour 100 de cônes. secs.
Eau.................	1626gr,40	74,61	»
Carbone..............	305,75	14,02	55,23
Hydrogène	36,21	1,66	6,54
Oxygène..............	176,32	8,09	31,85
Azote................	13,409	0,615	2,422
Acide phosphorique....	4,397	0,202	0,794
Magnésie.............	2,779	0,128	0,502
Potasse..............	6,392	0,293	1,155
Soude................	0,049	0,002	0,009
Matières min. non déterm.	8,294	0,380	1,498
	2180,000	100,000	100,000

(1) *Dosage du carbone et de l'hydrogène.*

Matière brûlée. 0gr,2295 = Matière sèche. 0gr,2017 + eau hygrom. 0gr,0278

Obtenu : cendres, 0gr,0115, contenant CO^2. 0gr,0035

Eau. 0gr,1465 — eau hygrom...... 0gr,0278 = HO 0gr,1187 = H 0gr,01319
CO^2. 0,4050 + CO^2 des cendres... 0,0035 = CO^2 0,4085 = C 0,1114

Dosage de l'azote.

Matière sèche employée. 0gr,3516

Titre de l'acide : avant. 26cc,3
après. 13,5

12,8 = Azote, 0gr,09852

Dosage de la potasse, de la soude, de l'acide phosphorique et de la magnésie.

Matière sèche incinérée.. 89gr,0

Chlorures de potassium et de sodium...... 1gr,6420

Sulfate de soude. 0gr,018 = Chlorure de sod. 0,0156 = Soude... 0gr,0079

Chlorure de potassium......... 1,6264 = Potasse.. 1,0276

Liqueur contenant l'acide phosphorique et la magnésie, 375 centimètres cubes, divisée en 2 parties.

Pour ac. phosph. 200cc; pyrophosph. de magn. 0gr,595 = Ac. phosph. 0gr,3770
Pour les 89 grammes. » 0,7069
Pour magnésie 175; pyrophosph. de magn. 0,569 = Magnésie... 0,2085
Pour les 89 grammes. » 0,4467

Composition d'un plant, le 17 septembre (tiges, branches, feuilles et cônes).

	gr
Eau	1784,40
Carbone	415,51
Hydrogène	49,96
Oxygène	318,46
Azote	14,430
Acide phosphorique	3,594
Magnésie	3,856
Potasse	6,620
Soude	0,072
Matières minérales non déterminées.	25,098
	2618,000

Partant de cette composition, on trouve que, le 17 septembre, les éléments assimilés étaient :

	Pour les 2400 plants de la parcelle cultivée de 38 ares. kil	Pour les 6316 plants que contiendrait 1 hectare. kil
Eau	4282,560	11270,270
Carbone	997,224	2624,361
Hydrogène	119,904	315,547
Oxygène	764,304	2011,393
Azote	34,633	91,141
Acide phosphorique	8,625	22,699
Magnésie	9,254	24,352
Potasse	15,888	41,812
Soude	0,173	0,455
Matières minérales non déterminées	50,635	133,278
	6283,200	16535,288

Dans la seconde période de végétation, du 22 juin au 17 septembre, comprenant quatre-vingt-quatre jours, et

s'arrêtant à l'époque de la cueillette, il y avait eu une assimilation moyenne par jour :

	Pour un plant.	Pour les plants d'un hectare.
	gr	kil
Carbone..........	4,290	27,087
Azote.............	0,134	0,846
Acide phosphorique.	0,032	0,177
Matière sèche......	8,600	53,718

Les 27^{kil},087 de carbone, assimilés chaque jour sur 1 hectare, correspondent à un volume de 64^{mc},955 d'acide carbonique, représentant la quantité de ce gaz que contiennent normalement 162,389 mètres cubes d'air.

Si nous comparons l'assimilation journalière de la première période à celle de la seconde, nous trouvons qu'elle est bien plus énergique dans cette dernière. Cela tient évidemment à ce que la surface de la plante fonctionnant dans l'atmosphère est devenue bien plus considérable. La quantité de matière fixe, assimilée par jour et pouvant, jusqu'à un certain point, servir de mesure à la force végétative, paraît être proportionnelle à la surface que présente la plante, une plus grande surface pouvant enlever à l'atmosphère une plus grande quantité de carbone et, en même temps, par une évaporation plus abondante, attirer dans la plante une plus grande quantité des principes contenus dans la terre.

Si nous comparons, en effet, les surfaces moyennes pendant les deux périodes aux quantités moyennes de matière sèche fixée par jour, nous trouvons un rapport très-sensiblement égal.

Ce rapport n'est cependant pas le même pour toutes les substances assimilées, et il ressort de ces expériences que dans les premiers temps de la végétation du houblon la matière fixée contient une bien plus grande proportion des principes dits fertilisants, tels que l'azote, l'acide phosphorique, la potasse, qu'à une époque plus avancée de la vie

de la plante. Ainsi, dans la seconde période, l'assimilation journalière a été en matière sèche 6.1 et en carbone 6.4 fois plus grande que dans la première, tandis que pour l'azote elle n'a été que 3.4 et pour l'acide phosphorique 3.0 fois plus grande.

Nous remarquons encore qu'à l'époque où la fleur, les cônes, ont acquis tout leur développement, les feuilles et les tiges sont devenues bien plus pauvres en azote, en acide phosphorique, en potasse, ces principes s'étant portés sur la fleur qui en contient une quantité considérable. Ce fait a lieu habituellement à la maturation des fruits, et il est intéressant de le constater pour la fleur.

La soude, que j'ai déterminée avec un grand soin, se présente dans les différents organes en quantité si faible qu'on peut considérer son rôle comme nul dans le développement du houblon. La plus forte proportion qu'on ait rencontrée (dans les feuilles de deuxième prise) atteint à peine $\frac{1}{70}$ de la potasse. Dans les autres parties de la plante, cette proportion est bien plus faible encore, variant de $\frac{1}{100}$ à $\frac{1}{300}$ de la potasse. L'engrais qu'avait reçu la terre contenait cependant notablement de sel marin. Ces expériences prouvent que la soude peut être complétement négligée dans les amendements qu'on donne à la houblonnière.

Abordant maintenant la partie de ce travail qui intéresse plus spécialement l'économie rurale, et ne considérant que les principes que l'on doit fournir au sol, sous forme de fumier, pour obtenir une culture avantageuse, nous trouvons que sur 1 hectare les plants de houblon enlèvent à la terre :

Azote.	Acide phosphorique.	Magnésie.	Potasse.
kil	kil	kil	kil
91,141	22,699	24,352	41,812

La partie exportée du domaine, les cônes, contiennent :

42,347	13,886	8,775	20,185

Il reste donc dans le domaine :

48,794	8,813	15,577	21,627

En prenant pour type de l'engrais le fumier de ferme, avec la composition que lui a trouvée M. Boussingault ([1]), nous remarquons que les plants venus sur 1 hectare ont assimilé pendant leur développement l'azote provenant de 18 244 kilogrammes de fumier ([2]). Pour fournir la potasse, il en aurait fallu 10 223 kilogrammes, pour la magnésie 6617 kilogrammes, et pour l'acide phosphorique seulement 3161 kilogrammes.

Les 18 244 kilogrammes représentent le minimum de fumier à donner annuellement à la terre. Dans la pratique, on dépasse notablement cette quantité; ainsi dans la culture qui sert de base à ces recherches l'hectare en recevait 18 voitures $\frac{1}{2}$, environ 23 000 kilogrammes.

Il résulte de ces comparaisons qu'on doit surtout rechercher, pour la culture du houblon, des engrais riches en azote, cet élément étant assimilé dans une plus forte proportion que les autres. Aussi voit-on avec succès employer comme amendement dans les houblonnières les matières animales constituant les déchets de certaines industries.

On remarque encore que, quand on se sert du fumier de ferme, une quantité très-considérable de potasse, de magnésie et surtout d'acide phosphorique, s'accumulent dans la terre, et sont ainsi sinon perdus, du moins rendus inactifs pendant une période qui peut être assez longue. Ce fait est d'autant plus regrettable que le houblon ne se prête pas à la rotation, sa mise en culture étant très-dispendieuse.

Enfin, en ne considérant que les cônes, seule partie dé-

([1]) *Agronomie*, t. IV, p. 120.

([2]) Nous considérons l'azote introduit dans la terre par les engrais comme étant la seule source de l'azote assimilé, l'ammoniaque et les composés nitrés existant dans l'atmosphère étant en proportion trop faible pour être pris en considération dans ce travail. Nous n'admettons pas une autre origine de l'azote assimilable.

finitivement exportée du domaine, on voit qu'elles ne contiennent qu'environ la moitié des principes essentiels que la plante avait enlevés à la terre. Il résulte de cette discussion que le houblon est loin de consommer tout le fumier dont il a besoin pour se développer, une grande partie des éléments fertilisants de ce fumier restant acquise à la terre, une autre partie très-considérable se retrouvant dans les tiges et les feuilles et retournant aux engrais.

C'est donc réellement une avance d'engrais que fait l'agriculteur, et c'est à tort qu'il regarde comme entièrement sacrifiée la fumure qu'il donne à la houblonnière.

Ce travail se rapporte à l'année 1870, année moyenne au point de vue de la production du houblon. La houblonnière, dans la quatrième année de sa culture, était dans une période de végétation normale. On ne peut cependant appliquer les chiffres obtenus qu'à l'année à laquelle ils se rapportent, la quantité de récolte étant loin d'être constante et pouvant varier du simple au décuple et au delà, suivant les influences météorologiques.

Les résultats de ces recherches n'en remplissent pas moins le but que je m'étais proposé, de prouver que le houblon rentrait dans la classe des cultures qui, tout en exigeant des quantités d'engrais considérables, n'en enlèvent cependant au domaine qu'une fraction relativement faible.

La culture du houblon étant une branche importante de l'agriculture dans certaines contrées, et tendant à prendre plus d'extension en France, ce travail peut avoir quelque intérêt pratique. J'aurais désiré y joindre un tableau donnant le rendement, les frais de culture, le bénéfice réalisé; mais mes observations ne comprennent pas un nombre d'années assez considérable pour pouvoir en tirer des moyennes exactes. M. Boussingault, du reste, donne des renseignements très-complets à [illegible]



SUR

LA FERMENTATION DES FRUITS.

TROISIÈME PARTIE.

FERMENTATION DES MYRTILLES.

Les myrtilles, raisins des bois, sont les baies de l'airelle (*vaccinium*), petit arbrisseau très-commun dans les forêts du Nord. On en connaît plusieurs variétés. Celles des montagnes boisées des Vosges portent un fruit oblong généralement bleu violet, d'une saveur sucrée. Cette plante fleurit au commencement du printemps, avant le complet développement des feuilles; les fruits mûrissent au milieu de l'été, et comme la maturation a lieu successivement, suivant les expositions, la cueillette se prolonge jusqu'en automne.

Les populations forestières tirent un grand parti des baies de l'airelle comme aliment sucré; aux États-Unis on en fait des confitures sèches d'une facile conservation. En Europe, dans la Forêt-Noire, les baies sont mises à fermenter pour en retirer de l'eau-de-vie.

Pour connaître la nature du principe sucré des myrtilles, on a soumis des baies à la presse : le jus, d'un bleu très-foncé, a été traité par une solution de sous-acétate de plomb. Le précipité, très-abondant, séparé par le filtre, avait retenu toute la matière colorante. Dans le jus décoloré on a fait passer un courant d'acide sulfhydrique pour enlever le plomb ajouté en excès. Par la liqueur cupropotassique on a dosé dans 100 centimètres cubes de jus 8 grammes de sucre réducteur; on a constaté l'absence de sucre interversible.

Sur une épaisseur de 2 décimètres, à la température de 20 degrés, le jus de myrtilles a dévié le plan de la lumière polarisée de 4°,6 vers la gauche.

On a, pour le pouvoir rotatoire du sucre dissous,

$$-4°,6 : \frac{100}{16} = -28°,7$$

Correction pour la température. . .	1,9
	— 26,8

C'est, à peu de chose près, le pouvoir rotatoire du sucre interverti à la température de 15 degrés.

Le 12 août 1868, on a introduit dans un flacon tubulé en relation avec une cuve à mercure 9^{kil},4865 de baies de myrtilles; la fermentation devint apparente le 17 et continua sans interruption, mais très-lentement. Le gaz acide carbonique se dégageait par intermittence, par secousse, bien que la pression de mercure qu'il eût à vaincre n'excédât pas 5 millimètres. A partir du 1er septembre, l'émission du gaz était peu prononcée eu égard au poids des fruits contenus dans l'appareil. Le 16 septembre, on considéra la fermentation comme terminée. Dans les dernières vingt-quatre heures, on ne recueillit que 100 centimètres cubes de gaz entièrement absorbable par la potasse.

Les myrtilles n'étaient pas recouvertes de liquide: les baies avaient conservé leur forme; celles qui se trouvaient en contact avec le jus fermenté étaient d'un rouge vif. On ne voyait aucune trace de moisissure. Le flacon ouvert, il s'en échappa une odeur vineuse. Le suc fermenté était légèrement acide et d'une saveur styptique.

Examen des myrtilles.

100 grammes des baies mises à fermenter ont été broyés avec de l'eau, de manière que les parties solubles fussent renfermées dans un litre de liquide A.

Dosage du sucre réducteur.

Dans 100 grammes de myrtilles, dosé : sucre, $6^{gr},31$ [1].

Le dosage par la liqueur cupropotassique a été exécuté après la décoloration du liquide par le noir animal.

Acidité. — Dans 100 grammes de myrtilles, dosé : $6^{gr},78$ d'acide exprimé en SO^3,HO [2].

Myrtilles après fermentation.

Le produit fermenté, versé sur une passette, a, par une légère pression, laissé écouler $6^{lit},025$ d'un liquide rouge d'une densité de 1012 à la température de 19 degrés. La pulpe restée sur la passette a pesé $3^{kil},069$.

Liquide fermenté.

La liqueur cupropotassique liquide n'a pas indiqué de sucre réducteur.

Alcool. — Dans 300 centimètres cubes de liqueur, dosé : alcool en volume, $11^{cc},1$ (température 15 degrés) [3].

Acidité. — Dans 100 centimètres cubes de liqueur fermentée, dosé : $0^{gr},760$ d'acide exprimé en SO^3HO [4].

---

(1) 20 centimètres cubes de liqueur cupropotassique décolorés par $0^{gr},106$ de sucre réducteur.
20 centimètres cubes de liqueur cupropotassique décolorés par $16^{cc},8$ du liquide A.

(2) $0^{gr},06125$ SO^3HO saturés par $28^{cc},9$ d'eau de chaux.
10 centimètres cubes du liquide A, après expulsion de CO^2, ont été saturés par $3^{cc},2$ d'eau de chaux.

(3) 300 centimètres cubes du liquide fermenté soumis à la distillation. Retiré 100 centimètres cubes marquant $11°,1$ à l'alcoomètre; température 15 degrés.

(4) $0^{gr},06125$ SO^3HO saturés par $28^{cc},9$ d'eau de chaux.
10 centimètres cubes du liquide fermenté, après expulsion de CO^2, saturés par $35^{cc},8$ d'eau de chaux.

Pulpe fermentée.

300 grammes de pulpe ont été broyés avec de l'eau pour faire passer les parties solubles dans un litre de liquide B.

Alcool. — Dans 300 centimètres cubes du liquide B, dosé : alcool en volume, $2^{cc},3$ (température 15 degrés);

Dans 1 litre : alcool en volume, $7^{cc},7$; en poids, $6^{gr},114$;

Dans 300 grammes de pulpe dont les matières solubles étaient contenues dans un litre du liquide B : alcool, $6^{gr},114$;

Dans 1 kilogramme de pulpe : alcool, $20^{gr},40$ (1).

Acidité. — Dans 300 grammes de pulpe, dosé : $1^{gr},866$ d'acide exprimé en $SO^3 HO$;

Dans 1 kilogramme de pulpe : acide, $6^{gr},22$ (2).

Résumé des dosages.

Dans 100 de myrtilles : sucre réducteur, $6^{gr},31$. Acide exprimé en $SO^3 HO$, $6^{gr},78$;

Dans 1 litre de jus fermenté pesant 1012 grammes : sucre réducteur, 0 gramme; alcool en poids, $29^{gr},38$; acide exprime en $SO^3 HO$, $7^{gr},60$;

Dans 100 grammes de pulpe : alcool, $2^{gr},04$; acide exprimé en $SO^3 HO$, $0^{gr},622$.

Mis à fermenter le 12 août 1869, myrtilles.......		9486,5 gr
Après fermentation, le 16 septembre, retiré :		
Liquide, $6^{lit},025$; densité, 1012; poids..	6097,3 gr	9166,3
Pulpe............................	3069,0	
Perte pendant la fermentation.................		320,2

(1) 300 centimètres cubes du liquide B distillés : retiré 100 centimètres cubes marquant $2^{cc},3$ à l'alcoomètre; température 15 degres.

(2) $0^{gr},06125$ $SO^3 HO$ saturés par $28^{cc},9$ d'eau de chaux.

10 centimètres cubes du liquide B, après expulsion de CO^2, saturés par $8^{cc},8$ d'eau de chaux. Dans 1 litre du liquide B renfermant les matières solubles de 300 grammes de pulpe acide, $1^{gr},866$.

	Alcool.	Acide.
	gr	gr
Dans les 6lit,025 de liquide fermenté...	177,02	45,79
Dans les 3069 grammes de pulpe......	62,61	19,09
Dans le produit de la fermentation.....	239,63	64,88

Résumé de l'expérience.

	Poids.	Sucre.	Alcool.	Acide exprimé en SO^3HO.
	gr	gr	gr	gr
Myrtilles........	9486,5	598,60	0,0	64,32
Après fermentation	9166,3	0,0	239,63	64,88
Différence.....	—320,2	—598,60	+239,63	+00,56

Le sucre réducteur disparu aurait dû donner 305gr,9 d'alcool : on en a obtenu 239gr,63, les $\frac{78}{100}$.

Les 239gr,6 de l'alcool produit représentent une émission de 229gr,3 de gaz acide carbonique; la perte de poids constaté après la fermentation a été 320gr,2. Il n'y a pas eu d'augmentation bien prononcée dans la proportion d'acide.

FERMENTATION DU VIN BLANC DES VIGNES DE LAMPERTSLOCH.

En septembre 1868, on a pris dans la cuve, pendant le foulage du raisin, 9 litres de moût trouble, mais dont on avait séparé les rafles, les pellicules et les pepins, en faisant passer le liquide à travers un panier d'osier. En cet état le moût avait une densité de 1079,5 à la température de 17 degrés. Ce moût trouble tenait en suspension des matières que l'on devait retrouver dans la lie après la fermentation. Les 9 litres de moût trouble pesaient, d'après la densité, 9715gr,5.

Pour faire le dosage du sucre et de l'acide, on a été obligé de filtrer le liquide. Dosé :

Sucre. — Dans 100 centimètres cubes de moût : sucre réducteur, $18^{gr},761$ (1).

On a reconnu l'absence de sucre interversible.

Acidité. — Dans 100 centimètres cubes de moût : acide exprimé en SO^3HO, $0^{gr},442$ (2).

Le moût a été mis dans un flacon muni d'un tube dont l'extrémité plongeait dans du mercure.

Le 25 septembre, le dégagement du gaz acide carbonique commença; il devint bientôt très-abondant.

Le 26, on prit 169 centimètres cubes de moût pour l'examiner.

Densité. — 1032, à la température de 18 degrés.

Sucre. — Dans 100 centimètres cubes, dosé : sucre réducteur, $7^{gr},571$ (3).

Acidité. — Dans 100 centimètres cubes, dosé : acide exprimé en SO^3HO, $0^{gr},514$ (4).

On n'a pas dosé l'alcool.

Le 29 septembre, le dégagement du gaz acide carbonique

---

(1) 20 centimètres cubes de liqueur cupropotassique réduits par sucre interverti $0^{gr},106$.

20 centimètres cubes de liqueur cupropotassique réduits par $0^{cc},565$ de moût.

(2) $0^{gr},06125$ — SO^3HO, saturés par eau de chaux $28^{cc},9$.

$4^{cc},5$ de moût, privé de CO^2, saturés par eau de chaux, $9^{cc},4$ d'eau de chaux.

(3) 20 centimètres cubes de liquide cupropotassique, réduits par sucre interverti $0^{gr},106$.

20 centimètres cubes de la même liqueur réduits par $1^{cc},4$ du moût en fermentation.

(4) $0^{gr},06125$ saturés par $28^{cc},9$ d'eau de chaux.

$8^{cc},9$ du moût en fermentation, après expulsion de CO^2, saturés par $21^{cc},6$ d'eau de chaux.

avait diminué depuis le 26; on préleva 400 centimètres cubes du liquide en fermentation.

Densité. — 1006, à la température de 20 degrés.

Sucre. — Dans 100 centimètres cubes de moût en fermentation, dosé : sucre réducteur, 2gr,466 ([1]).

Acidité. — Dans 100 centimètres cubes, dosé : acide exprimé en SO^3HO, 0gr,524 ([2]).

Alcool. — Dans 100 centimètres cubes, dosé : alcool en volume, 9cc,47; en poids, 7gr,519 ([3]).

Le 1er octobre, le dégagement du gaz acide carbonique avait cessé.

Le 2, le ferment était déposé; le vin éclairci, d'un jaune paille, on en prit 500 centimètres cubes pour les essais.

Densité. — 995, à la température de 18°,1.

Sucre. — En opérant sur 20 centimètres cubes de vin, la réduction de la liqueur cupropotassique fut à peine appréciable.

Acidité. — Dans 100 centimètres cubes de vin, dosé : acide exprimé en SO^3HO, 0gr,531 ([4]).

Alcool. — Dans 100 centimètres cubes de vin, dosé : alcool en volume (température, 15 degrés), 10cc,93; en poids, 8gr,678 ([5]).

---

(1) 4cc,3 du moût ont réduit 20 centimètres cubes de liqueur cupropotassique = sucre 0gr,106.

(2) 10 centimètres cubes du moût, après expulsion de CO^2, saturés par 24 centimètres cubes d'eau de chaux.
  26 centimètres cubes d'eau de chaux saturant 0gr,06125 de SO^3HO.

(3) Distillé 150 centimètres cubes de moût en fermentation. Retiré 50 centimètres cubes marquant 28°,4 à l'alcoomètre; température 15 degrés.

(4) 0gr,06125 SO^3HO saturés par eau de chaux 27cc,8.
  10 centimètres du vin, après expulsion de CO^2, saturés par eau de chaux 24cc,1.

(5) Distillé 300 centimètres cubes de vin, retiré 100 centimètres cubes marquant 32°,8 à l'alcoomètre, à la température de 15 degrés.

Résumé des dosages.

Moût, 23 septembre :

	Poids.	Sucre réducteur.	Alcool.	Acide exprimé en SO^3HO.
	gr	gr	gr	gr
Dans 1 litre pesant.	1079,55	187,61	»	4,42
Dans 1 kilogramme.	»	173,79	»	4,09
26 septembre :				
Dans 1 litre pesant.	1032,0	75,71	non dosé	5,14
Dans 1 kilogramme.	»	73,36	»	4,98
29 septembre :				
Dans 1 litre pesant.	1006,0	24,66	75,19	5,24
Dans 1 kilogramme.	»	24,51	74,86	5,21
2 octobre :				
Dans 1 litre pesant.	995,0	traces	86,78	5,31
Dans 1 kilogramme.	»	»	87,26	5,34

Le 23 septembre, le moût mis à fermenter pesait 9715gr,5.

Le 2 octobre, le vin retiré du flacon a pesé.... 7900gr,7

Prélevé pour les dosages :

	cc		gr	
Le 26 septembre..	169,0	pesant..	174,4	
Le 29 septembre..	400,0	» ..	402,4	
Le 2 octobre.....	500,0	» ..	477,5	
			1054,3	1054gr,3

Le vin aurait pesé........................ 8955,0

Moût mis à fermenter.................... 9715,5

Perte.......................... 760,5

Résumé de l'expérience.

	Poids.	Sucre réducteur.	Alcool.	Acide exprimé en SO^3HO.
	gr	gr	gr	gr
Moût	9715,5	1688,46	0,0	39,74
Après fermentation	8955,0	traces	781,41	47,82
Différence	—760,5	—1688,46	+781,41	+8,08

Les 1688gr,46 du sucre disparu devaient donner, d'après la formule, 862gr,60 d'alcool; on en a obtenu 781,41, près des $\frac{91}{100}$.

L'alcool produit représente 747lit,8 d'acide carbonique dégagé pendant la fermentation; la perte a été de 760gr,5.

Si l'on compare, à deux périodes de la fermentation, le poids de l'alcool produit au poids du sucre disparu, on constate la même différence, à très-peu près, entre l'alcool obtenu et l'alcool calculé d'après la formule de Lavoisier. Rapportant à un litre, on a :

Première période :

	Sucre réducteur.	Alcool.	Acide exprimé en SO^3HO.
	gr	gr	gr
23 septembre, moût	187,61	0,0	4,42
29 septembre	24,66	75,19	5,24
Différence	— 162,95	+ 75,19	+ 0,82

Deuxième période :

	Sucre réducteur.	Alcool.	Acide exprimé en SO^3HO.
	gr	gr	gr
29 septembre	24,66	75,19	5,24
2 octobre	traces	86,78	5,31
Différence	—24,66	+11,59	+0,07

Dans la première période, on a obtenu les $\frac{90}{100}$; dans la seconde période les $\frac{91}{100}$ de l'alcool théorique.

Variation dans le pouvoir rotatoire du sucre pendant la fermentation.

Pouvoir rotatoire du sucre contenu dans le moût le 23 septembre.

Le moût filtré, placé dans un tube de 2 décimètres, a produit une déviation de — 10°,3 à la température de 19 degrés.

Dans 100 centimètres cubes de moût : sucre réducteur, 18gr,76.

$$-10^{\circ},3 \times \frac{100}{37,52} = 27,40 \;(^1).$$

Correction pour la température. . . 1,50

25,90

C'est le pouvoir rotatoire du sucre interverti, à la température de 19 degrés.

Pouvoir rotatoire du sucre réducteur dans le moût en fermentation, prélevé le 26 septembre.

Dans 100 centimètres cubes du liquide, dosé : sucre réducteur : 7gr,57.

Sur une épaisseur de 2 décimètres : déviation — 8°,4 (température 18 degrés).

$$-8^{\circ},4 \times \frac{100}{15,14} = -55^{\circ},5.$$

Pouvoir rotatoire : supérieur à celui du sucre interverti — 26° = y
inférieur à celui de la *levulose*. . . . — 106 = x

$$x + y = 7,57$$

$$\frac{x}{100} \times -106 + \frac{y}{100} \times 26 = \frac{7,57}{100} \times -55^{\circ},5$$

$y = 4,77$ sucre interverti
$x = 2,80$ lévulose

7,57

---

(1) $D = a\dfrac{V}{pl}$ $a = -10^{\circ},3$, $P = 18,76$, $l = 2$ décimètres.

En effet

$$-\frac{24^{\circ},9 \times 2 \times 4,77}{100} = -2^{\circ},4 \text{ (1)}$$

$$-\frac{106 \times 2 \times 2,8}{100} = -5^{\circ},9$$

$$-8^{\circ},3$$

Déviation observée $-8^{\circ},4$

Pouvoir rotatoire du sucre réducteur contenu dans le moût en fermentation, prélevé le 29 septembre.

100 centimètres cubes du liquide renferment : sucre réducteur $2^{gr},466$.

Sur une épaisseur de 2 décimètres, déviation — $4^{\circ},1$ (température 20 degrés).

Pouvoir rotatoire $-4^{\circ},1 \times \frac{100}{4,93} = -83^{\circ},20.$

$$x + y = 2^{gr},466$$

$y = 0^{gr},70$ sucre interverti.
$x = 1^{gr},77$ lévulose.
$2^{gr},47$

Le 2 octobre, la fermentation achevée, on n'a plus trouvé qu'une quantité impondérable de sucre. Le vin était devenu inactif.

Dans 1 litre :

	Sucre interverti.	Lévulose.	Pouvoir rotatoire.
	gr	gr	o
23 sept., moût............	187,6	0	— 26
26 sept., moût en fermentation	47,7	28,0	— 55,5
29 sept., idem	7,0	17,7	— 83
2 oct., fermentation terminée	»	»	0

On peut représenter ce dédoublement sous une autre

(1) Pouvoir rotatoire du sucre interverti étant — $25^{\circ},9$, à la température 18 degrés.

forme en admettant avec M. Dubrunfaut que le sucre interverti est formé de poids égaux de glucose et de lévulose.

Dans 1 litre :

	Glucose.	Lévulose.
	gr	gr
23 sept	93,8	93,8
26 sept........	23,85	51,85
29 sept........	3,5	21,2
2 oct.........	0	0

On voit plus nettement sur ce tableau que c'est sur le glucose que le ferment agit d'abord, ainsi que l'a établi M. Dubrunfaut.

FERMENTATION DU MIEL.

630 grammes d'alvéoles remplies de miel furent mises dans $3^{lit},6$ d'eau froide. On jeta sur un linge pour séparer la cire.

Le liquide légèrement trouble, d'un jaune pâle, avait une densité de 1046 à la température de 18 degrés.

	lit.		gr
Le volume de la dissolution était	3,645,	son poids	3812,67
On ajouta levûre de bière lavée et délayée..............	0,200		200,00 [1]
	3,845		4012,67

Dosage du sucre et de l'acidité dans la dissolution.

Avant l'addition des 200 centimètres cubes d'eau dans laquelle on avait délayé la levûre, le volume de la dissolution était $3^{lit},645$.

[1] Dans une expérience préliminaire, on avait reconnu qu'une dissolution de miel était restée exposée à l'air pendant huit jours sans qu'il y eût indiçe de fermentation. C'est cette circonstance qui décida à faire intervenir la levûre.

On a dosé dans 100 centimètres cubes :

Sucre réducteur..................	10^{gr},39	(1)
Acide exprimé en SO^3HO.........	0,0169	(2)

Rapportant ces dosages au liquide additionné de 200 centimètres cubes de levûre délayée, ayant alors un volume de $3^{lit},845$, on a pour 100 centimètres cubes :

Sucre réducteur.........	9^{gr},85
Acide..................	0,0160

Le 23 septembre, la fermentation commença. Six jours après, le 29, elle était terminée. Le liquide avait conservé l'odeur caractéristique du miel. Sa saveur était *plate* par manque d'acidité. Au fond du vase, on apercevait un léger dépôt blanc.

La liqueur fermentée avait un volume de $3^{lit},837$; elle pesait $3^{kil},823$; la densité était par conséquent de 996,35. La liqueur cupropotassique n'a accusé qu'une trace de sucre réducteur.

Dans 100 centimètres cubes de liquide fermenté, on a dosé :

Acide exprimé en SO^3HO..	0^{gr},08	(3)
Alcool en volume à température de 15 degrés, $5^{cc},83$ en poids......................	4,63	(4)

(1) 10 centimètres cubes de liqueur cupropotassique, décolorés par sucre interverti $0^{gr},053$.
10 centimètres cubes de liqueur cupropotassique, décolorés par $0^{cc},51$ de la dissolution de miel. On avait reconnu l'absence de sucre interversible dans la dissolution.

(2) $0^{gr},06125$ — SO^3HO, saturés par eau de chaux $28^{cc},9$.
15 centimètres cubes de la dissolution de miel, saturés par eau de chaux $1^{cc},2$.

(3) 0,06125 — SO^3HO, saturés par eau de chaux $28^{cc},9$.
10 centimètres cubes de liqueur fermentée, saturés par eau de chaux $3^{cc},7$.

(4) Distillé 300 centimètres cubes, retiré 100 centimètres cubes marquant $17^{\circ},5$ à l'alcoomètre, à la température de 15 degrés.

Résumé des dosages.

Avant la fermentation, dans un litre de dissolution pesant (après l'addition de la levûre) 1043^{gr},61 :

Sucre réducteur...............	98^{gr},50
Acide exprimé en SO^3HO.......	0,16

Après la fermentation, le litre pesait 996^{gr},35 :

Sucre réducteur.............	traces
Acide exprimé en SO^3HO......	0^{gr},80
Alcool......................	46,30

Résumé de l'expérience.

	Volume.	Poids.	Sucre réducteur.	Alcool.	Acide exprimé en SO^3HO.
Avant la fermentation	3^{lit},845	4012^{gr},87	378^{gr},73		0,62
Après la fermentation	3,837	3823,00	traces	177,65	3,07
Différences	— 0,008	— 189,87	— 378,73	+ 177,65	+ 2,45

Le sucre réducteur disparu aurait dû produire 193^{gr},57 d'alcool : on en a obtenu 177^{gr},65, les $\frac{91}{100}$. D'après l'alcool produit, il y aurait eu un dégagement de 170 grammes d'acide carbonique; la perte de poids pendant la fermentation a été 190 grammes.

SUR LA SORBITE,

MATIÈRE SUCRÉE ANALOGUE A LA MANNITE TROUVÉE DANS LE JUS DES BAIES DU SORBIER DES OISELEURS.

En continuant mes recherches sur les fruits utilisés pour la fabrication de l'eau-de-vie, j'ai été conduit à étudier la fermentation des baies du sorbier, avec lesquelles, dans certaines contrées forestières, on prépare soit une boisson analogue au cidre, soit de l'alcool. Mes expériences, entreprises à un point de vue pratique, ont principalement pour objet de constater la différence, souvent considérable, existant entre la quantité d'alcool obtenue par les *brûleurs* et la quantité d'alcool qu'auraient dû fournir les matières sucrées contenues dans les fruits, conformément à l'équation de Lavoisier



$$C^{12}H^{12}O^{12} \, 2(C^4H^6O^2) + 4(CO^2).$$

Les sorbes, comme les cerises, les pommes, le raisin, etc., ne rendent pas, à beaucoup près, l'alcool correspondant à leur teneur en sucre; on en jugera par le résultat de leur fermentation, accomplie dans d'excellentes conditions.

Fermentation du jus de sorbes.

Les sorbes avaient été cueillies le 1er novembre 1867, après une gelée; l'arbre ne portait plus de feuilles. Par la presse, on a extrait du fruit $4^{lit},50$ de jus pesant 4995 grammes, qu'on a introduit dans un flacon muni d'un tube dont l'extrémité plongeait dans du mercure. La

densité du jus était 1110. La fermentation est devenue manifeste le 4 novembre, la température étant de 15 à 16 degrés; le 8 novembre elle était très-active, puis le dégagement de gaz se ralentit. Le 10 novembre, la fermentation était terminée. Le liquide, quand il fut éclairci, avait une teinte d'un rouge orange.

Le vin de sorbes possédait une odeur alcoolique très-prononcée, une saveur styptique peu agréable. Son volume, y compris celui du ferment, était de $4^{lit},493$; son poids $4855^{gr},60$.

Examen du jus de sorbes avant la fermentation.

Dans 100 centimètres cubes de jus extrait par la presse, on a dosé:

	gr
Sucre réducteur (1)...........	8,288
Acide exprimé en SO^3HO (2)....	1,120

Jus de sorbes après la fermentation.

Dans 100 centimètres cubes de jus fermenté, on a dosé:

	gr
Sucre réducteur (3)..........	1,709
Acide exprimé en SO^3HO (4)....	1,098

(1) 10 centimètres cubes de liqueur cupropotassique réduits par $0^{gr},0547$ de sucre interverti.

10 centimètres cubes de liqueur cupropotassique réduits par $0^{cc},66$ de jus de sorbes.

(2) $0^{gr},06125$ de SO^3HO saturés par eau de chaux, $29^{cc},0$

5 centimètres cubes de jus de sorbes, privé d'acide carbonique, saturé par eau de chaux, $26^{cc},5$.

(3) 20 centimètres cubes de liqueur de Fehling réduits par $0^{gr},1094$ de sucre interverti.

20 centimètres cubes de liqueur de Fehling réduits par $6^{cc},4$ de jus fermenté.

(4) $0^{gr},06125$ de SO^3HO saturés par eau de chaux $29^{cc},0$.

5 centimètres cubes de jus fermenté, après expulsion de CO^2, saturés par eau de chaux, $26^{cc},5$.

300 centimètres cubes de jus fermenté, soumis à la distillation :
Retiré 100 centimètres cubes marquant :

Alcoomètre......	11°,0	Température.......	13°
»	11°,4	»	15°

Dans 100 centimètres cubes de jus fermenté, alcool $3^{cc},8$, en poids $3^{gr},020$.

RÉSUMÉ.

	Volume.	Poids.	Sucre réducteur.	Alcool.	Acide exprimé en SO^3HO.
	lit.	gr	gr	gr	gr
Jus avant la fermentation.	4,500	4995,0	372,96	0	50,40
Jus fermenté............	4,493	4855,6	76,79	135,69	49,33
Différences..........	−0,007	−139,4	−296,17	+135,69	−1,07

Les $296^{gr},17$ de sucre disparus représenteraient, théoriquement, $151^{gr},37$ d'alcool ; on en a obtenu $135^{gr},69$, c'est-à-dire les $\frac{90}{100}$.

La perte de poids constatée pendant la fermentation a été de $139^{gr},4$. Or les $296^{gr},17$ de sucre que l'on n'a plus retrouvés dans le vin de sorbes, en admettant qu'ils aient été détruits par le ferment, auraient dû laisser dégager $144^{gr},8$ de gaz acide carbonique, 4 à 5 grammes de plus que la perte accusée par la balance, différence bien faible, si l'on considère que les $4^{lit},49$ du liquide fermenté ont nécessairement retenu du gaz acide. En somme, il est très-vraisemblable que les $296^{gr},17$ de sucre manquant ont été transformés en alcool et en acide carbonique, et qu'une partie de l'alcool a donné naissance à ces produits que l'on rencontre dans tous les liquides fermentés : la glycérine, l'acide succinique, etc. Dans le vin de sorbes, il est resté $76^{gr},8$ de sucre réducteur, environ 17 grammes par litre, proportion beaucoup plus forte que celle que l'on constate ordinairement dans les moûts de

fruits après qu'ils ont fermenté. Comme Pelouze a découvert dans les baies du sorbier des oiseleurs un sucre non fermentescible, la *sorbine*, il était naturel de supposer que, dans le vin de sorbes, c'était cette matière sucrée qui avait échappé à la fermentation : il y avait donc lieu de la rechercher.

En conséquence, le vin de sorbes fut traité par le sous-acétate de plomb; le précipité, très-abondant, séparé, on fit passer dans la liqueur un courant de gaz acide sulfhydrique pour précipiter à l'état de sulfure le plomb ajouté en excès, puis le liquide fut évaporé jusqu'à consistance sirupeuse.

Le sirop ne laissa pas déposer de cristaux, même après plusieurs mois. Or on sait avec quelle facilité la sorbine cristallise. Cette tentative d'extraction de la sorbine fut réitérée en 1868 et 1869, sans plus de succès. Les sirops, maintenus pendant un mois dans une étuve dont la température était entretenue à 60 ou 80 degrés, prirent l'apparence de la gélatine, translucides, d'un jaune pâle, cédant sans adhérence à l'impression du doigt. On enferma cette matière dans un flacon, où elle passa l'hiver. Au printemps, elle avait éprouvé une transformation complète. C'était une masse visqueuse renfermant une multitude de petits cristaux aciculaires ; en la soumettant à une forte pression, on en fit sortir le sirop, contenant des acétates alcalins et un sucre réducteur. Le marc lavé à froid avec de l'alcool, pressé de nouveau, séché à l'air, était blanc, d'une saveur fraîche et sucrée, bien qu'il ne s'y trouvât pas la moindre trace de sucre réducteur. Sa solution n'exerçait aucune action sur la lumière polarisée. Cette substance sucrée est soluble dans l'eau en toute proportion ; elle forme un sirop très-difficilement cristallisable; il a fallu plus de six semaines pour y voir apparaître quelques cristaux en aiguilles très-déliées, d'un aspect nacré. On accéléra la cristallisation en posant sur

le sirop concentré exposé à la lumière un petit cristal, ainsi que me le conseilla M. Berthelot ([1]).

Si cette matière sucrée est à peine soluble dans l'alcool froid, l'alcool chaud, même l'alcool absolu, la dissout en proportion notable. J'ai mis à profit cette propriété pour l'obtenir à l'état de pureté. En traitant le marc comprimé par l'alcool absolu porté à l'ébullition et filtrant, il reste un léger résidu jaune poisseux. Par le refroidissement, la matière sucrée donne un volumineux dépôt transparent, opalin, disposé en mamelons de l'aspect le plus singulier. Si l'alcool dans lequel les mamelons sont disposés est décanté et exposé à une température inférieure à zéro, il se forme dans cet alcool sursaturé de nombreux cristaux agglomérés en houppes soyeuses.

Le dépôt opalin formé par suite du refroidissement de la solution alcoolique, placé dans le vide sec, se contracte considérablement en devenant opaque, d'une grande blancheur, assez consistant pour être pulvérisé. Dissoute dans une petite quantité d'eau, cette matière forme un sirop qui, après une longue exposition à l'air, se prend en une agglomération de cristaux aciculaires d'une apparence nacrée. En comprimant fortement ces cristaux entre des linges fins, pour faire sortir le sirop qui pourrait y adhérer, on obtient une plaque d'une grande blancheur, dure, à grains cristallins.

Cette substance, à saveur fraîche et sucrée, ne réduit pas la liqueur cupropotassique; elle est inactive et ne subit pas la fermentation alcoolique. Si l'on ajoute à ces caractères la solubilité dans l'alcool chaud, l'insolubilité dans l'alcool froid, on est amené à la considérer comme analogue à la mannite et à la dulcite; mais elle possède d'autres propriétés qui ne permettent pas de la confondre

([1]) M. Berthelot se trouvait alors au Liebfrauenberg, chez mon père. Il m'engagea à poursuivre l'étude de cette matière sucrée, malgré les difficultés que présentait sa préparation.

avec l'une ou l'autre de ces matières, bien que, comme on va le voir, elle en ait la composition; elle paraît donc constituer un sucre nouveau appartenant au groupe de la formule $C^{12}H^{14}O^{12}$, que je désignerai, à cause de son origine, sous le nom de *sorbite*.

Analyse.

La sorbite a d'abord été desséchée dans le vide sec à une température comprise entre 100 et 115 degrés. Elle a commencé à fondre vers 60 degrés, ensuite elle a pris un peu plus de consistance tout en restant visqueuse, état qui rendit la dessiccation fort lente.

I. — *Sorbite préparée en* 1869.

Matière brûlée.	0gr,4040	Acide carbonique.	0gr,5796 = carbone...	0gr,1581
		Eau............	0,2789 = hydrogène.	0,0310

II. — *Sorbite préparée en* 1869.

Matière brûlée.	0gr,3954	Acide carbonique.	0gr,5685=carbone...	0gr,15503
		Eau............	0,2730=hydrogène.	0,03303

III. — *Sorbite préparée en* 1868.

Matière brûlée.	0gr,4583	Acide carbonique.	0gr,6575=carbone...	0gr,1793
		Eau............	0,3155=hydrogène.	0,03505

	I.	II.	III.
Carbone.......	39,13	39,21	39,12
Hydrogène.....	7,67	7,67	7,67
Oxygène.......	53,20	53,12	53,21
	100,00	100,00	100,00

C'est la composition assignée à la mannite.

	Liebig et Pelouze (1).	Fabre (2).
Carbone	39,01 = 39,13	39,23
Hydrogène	»	7,84
Oxygène	»	52,93
		100,00

Exposée à une température supérieure à 110 à 115 degrés, la sorbite cristallisée abandonne de l'eau. On a dû rechercher si l'eau qu'elle perd pendant la dessiccation s'y trouve en proportion définie. De la sorbite en aiguilles fines à reflet nacré a été brûlée après qu'on l'eut fortement comprimée et exposée à l'air.

Matière...	0gr,4393	Acide carbonique...	0gr,6055 =	carbone....	0gr,16512
		Eau...............	0,3122 =	hydrogène..	0,03460

C..............	37,58
H..............	7,88
O..............	54,54
	100,00

Composition représentée par



$$C^{12}H^{15}O^{13} = C^{12}H^{14}O^{12} + HO.$$

Les cristaux de sorbite formés par l'évaporation spontanée de la solution aqueuse renferment par conséquent

(1) En calculant le carbone avec l'équivalent 75 établi par M. Dumas. Avec l'ancien équivalent 76, on a : carbone 39,55 — 39,78, nombres qui s'accordent mieux avec la formule $C^{12}H^{12}O^{12}$.

C..............	39,56
H..............	7,69
O..............	52,75
	100,00

(*Annales de Chimie et de Physique*, 2e série, t. LV, p. 140; 1833).

(2) *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. XI, p. 72.

un équivalent d'eau qu'ils abandonnent à une température supérieure à 100 degrés.

La sorbite analysée................	0,4393 gr
renfermait eau......................	0,0207
Sorbite sèche.......................	0,4186

dont la composition serait, d'après l'analyse précédente :

C.......... ...	39,45
H...........	7,73
O............	52,82
	100,00

La sorbite serait donc un isomère de la mannite et de la dulcite, mais elle se distingue de ces matières par certains caractères. Ainsi, unie à un équivalent d'eau, elle fond à environ 100 degrés; à 110 ou 111, quand elle est anhydre. Je rappellerai ici que la mannite fond à 165, la dulcite à 182 degrés. La sorbite forme avec l'eau un sirop dans lequel les cristaux n'apparaissent qu'après un temps très-long. Une solution aqueuse de mannite ne prend pas la consistance sirupeuse. Traitée par l'acide nitrique, la sorbite ne produit pas d'acide mucique, comme cela a lieu avec la dulcite.

La mannite cristallise en prismes à base quadrilatère;

La dulcite en prismes rhomboédriques obliques.

La sorbite se présente en cristaux tellement déliés qu'il sera difficile d'en déterminer la forme.

Elle a d'ailleurs des caractères communs aux sucres de la formule $C^{12}H^{14}O^{12}$. Mêlée au sulfate de cuivre, elle empêche la précipitation de l'oxyde par la potasse. J'ai déjà dit qu'elle est inactive et qu'elle ne réduit pas la liqueur cupropotassique. L'acide sulfurique, même à chaud, ne la carbonise pas, et si la dissolution acide est saturée par le carbonate de baryte, on obtient un sel

soluble barytique dont je me propose d'examiner la constitution.

La sorbite trouvée dans le vin de sorbes ne paraît pas être produite pendant la fermentation. On a pu l'extraire du jus de sorbes pris à la sortie du pressoir, et transformé en sirop avant que ce sirop ait pu subir la moindre modification.

SUR

LA CONGÉLATION DE L'EAU.

La force avec laquelle l'eau tend à se dilater pendant la congélation est considérable, puisqu'elle doit être égale à la pression qu'il faudrait exercer sur un morceau de glace pour en diminuer le volume de 0,08 [1]; aussi cette force d'expansion est-elle capable de briser les enveloppes les plus résistantes : c'est ce qu'on a constaté depuis longtemps. Les Académiciens de Florence, en exposant à un froid intense une sphère de cuivre remplie d'eau, en déterminèrent la rupture, bien que l'épaisseur du métal fût de $\frac{67}{100}$ de pouce [2]. Huyghens, en 1667, fit éclater en deux endroits, par l'effet de la congélation de l'eau, un canon de fer ayant *un doigt* d'épaisseur [3].

Ces expériences sont devenues classiques. J'ai pensé qu'il y aurait un certain intérêt à les reproduire, en essayant de faire congeler l'eau dans un cylindre d'un métal doué d'une ténacité bien supérieure à celle du fer : un canon d'acier, par exemple, supportant, même pour de faibles épaisseurs de parois, une pression de plusieurs cen-

---

(1) La densité de la glace étant 0,92.

(2) *Saggi di naturali esperienze fatte nell' Accademia del Cimento*, terza edizione fiorentina, p. 84. Le métal dont était formé l'appareil employé par les Académiciens de Florence est désigné sous le nom d'*ottone*. La sphère était par conséquent en cuivre jaune ou en laiton.

(3) *Tubus ferreus, cujus crassities erat unus digitus, aquâ impletus et rite occlusus fuit; post* 12 *horas duobus in locis scissus est.* (Du Hamel, *Acad. reg.*, lib. I, § 2, cap. 1.

taines d'atmosphères, dans les épreuves réglementaires que l'artillerie fait subir aux canons de fusils. En supposant que l'acier offrît une résistance suffisante, on devait alors constater si, conformément à la prévision théorique, l'eau enfermée dans le canon conserverait l'état liquide, malgré l'abaissement de la température, et cela par suite de l'obstacle opposé à la dilatation qui accompagne son refroidissement à partir de + 4°,1.

Un cylindre d'acier fondu et forgé de 46 centimètres a été foré jusqu'à une profondeur de 24 centimètres.

Le diamètre intérieur était de 1^c,3; l'épaisseur des parois, 8 millimètres.

Le bas du canon, en acier plein, avait une forme hexagonale, afin de pouvoir être saisi dans la mâchoire d'un étau.

Le haut du canon, à partir de l'ouverture, portait un pas de vis sur lequel s'ajustait, comme un écrou, une pièce d'acier évidée, au fond de laquelle, pour assurer la fermeture, on plaçait une forte rondelle de plomb. Une bille d'acier, placée dans l'intérieur, devait indiquer par sa mobilité ou par son immobilité si l'eau contenue dans le canon était ou non solidifiée.

La capacité du canon était d'environ 55 centimètres cubes.

I. *Le 26 décembre* 1870, le canon d'acier, préalablement refroidi à + 4 degrés, a été rempli avec de l'eau distillée non bouillie, également à + 4 degrés. Après l'avoir fermé, en vissant le couvercle à l'aide d'une clef à levier (c'est la partie la plus difficile de l'expérience), en retournant le canon, on entendait très-distinctement le tintement métallique produit par la chute de la bille d'acier.

A 9 heures du matin, l'appareil fut exposé sur une terrasse; la température de l'air était de — 13 degrés. A midi (température — 12 degrés), on put s'assurer par le mouvement de la bille que l'eau était restée liquide. Jusqu'au

soir l'air se maintint à — 9 degrés. L'eau conserva sa fluidité.

Le 27 décembre, à 8 heures du matin, le thermomètre marquait — 24 degrés; la mobilité de la bille d'acier prouva que l'eau avait échappé à la congélation.

Le 30 *décembre,* on procéda à l'ouverture du canon, la température étant de — 10 degrés. A peine eut-on commencé à dévisser le couvercle, que l'on vit surgir une légère végétation de givre. L'eau gela instantanément, aussitôt que la pression qu'elle supportait fut supprimée. En chauffant le canon de manière à détruire l'adhérence, on en retira un cylindre de glace d'une grande transparence. Dans l'axe de ce cylindre, il y avait une rangée de très-petites bulles d'air.

Le 2 *janvier* 1871, au soir, le canon fut rempli d'eau à + 4°,2 et exposé sur la terrasse à un froid de — 13 degrés.

Le 3 *janvier,* au matin, la température étant de — 18 degrés, l'eau n'était pas congelée; la bille d'acier se mouvait en toute liberté.

A 11 heures, le couvercle du canon fut dévissé, l'air étant à — 10 degrés. La congélation eut lieu immédiatement; comme dans la première expérience, quelques petites bulles de gaz étaient disposées dans l'axe du cylindre de glace. Ainsi, dans un canon d'acier fondu, à paroi assez épaisse pour être considéré comme inextensible, l'eau introduite à + 4 degrés a, pendant plusieurs jours, conservé l'état liquide à de très-basses températures. La congélation a eu lieu aussitôt qu'on eut supprimé, en ouvrant le canon, l'obstacle qui s'opposait à la dilatation de l'eau refroidie.

C'est la confirmation de l'opinion émise par Charles Hutton, en discutant les expériences faites à Québec par le major Edwards Williams, sur la rupture des bombes remplies d'eau et exposées au froid : que si la résistance des parois du vase excédait la force expansive développée pen-

dant l'acte de la congélation, cette résistance deviendrait un obstacle à la formation de la glace et que l'eau resterait liquide, à la plus basse température ([1]).

([1]) From the ingenious experiments, we may draw several conclusions. As First, we hence observe the amazing force of the expansion of the ice, or the water, in the act of freezing; which is sufficient to overcome perhaps any resistance whatewer; and the consequence seems to be, either that the water will freeze, and, by expanding, burst the containing body, be it ever so thick and strong; or else, if the resistance of the containing body exceed the expansive force of ice, or of the water in the act of freezing, then, by preventing the expansion, it will prevent the freezing, and the water will remain fluid, whatever the degree of cold may be. (*Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, vol. II, p. 27.)

DU

FER CONTENU DANS LE SANG

ET

DANS LES ALIMENTS.

Ayant eu, dans mon enseignement, à traiter de l'alimentation de l'homme et du développement du bétail nourri à l'étable, j'ai été conduit à discuter l'influence de certaines substances qui n'entrent qu'en très-minimes proportions dans les rations alimentaires : du sel marin d'abord, et ensuite du fer, élément essentiel du sang.

Pelouze a dosé ce métal dans le sang de divers animaux De 100 grammes, il a retiré :

Fer exprimé à l'état métallique.

Sang de l'homme.	Bœuf.	Porc.	Oie.	Dinde.	Poulet.	Canard.	Grenouille.
gr 0,051	gr 0,055	gr 0,059	gr 0,037	gr 0,033	gr 0,037	gr 0,034	gr 0,042
0,054	0,048	0,051	0,033	0,034	»	»	»

Le sang était brûlé à une température peu élevée dans un vase de platine. On dosait le fer dans les cendres par l'excellente méthode volumétrique due à M. Margueritte. J'ai suivi le même procédé. Les quantités de métal que j'ai rencontrées dans le sang du bœuf et du porc ne diffèrent pas notablement de celles trouvées par Pelouze.

Le sang avait été pris à la sortie de la veine, pesé, desséché, incinéré sous un moufle chauffé au gaz. Dans 100 grammes, dosé :

	Sang de bœuf.	Sang de porc.
Fer exprimé en métal....	gr 0,0375	gr 0,0634

La cendre du sang de porc présentait la couleur et l'aspect du sesquioxyde ferrique.

Une fois établi que le fer est une des parties constituantes du sang, il devient évident que les aliments doivent en renfermer, y compris, bien entendu, les aliments végétaux, puisque ce métal entre dans la composition du sang des herbivores et des granivores.

De ces faits il ressort deux conséquences : la première, c'est que s'il était possible de former un régime privé de fer, l'animal que l'on y soumettrait succomberait infailliblement, par la raison que le sang ne pourrait pas être constitué ; la seconde conséquence, c'est que le fer paraît être tout aussi indispensable à la vie végétale qu'à la vie animale.

On sait d'ailleurs que le prince de Salm-Horstmar, dans des expériences remarquables sur le rôle des substances minérales dans la végétation, a communiqué la chlorose à l'avoine, au colza, en les faisant naître dans un sol exempt de fer ; chlorose qu'il fit disparaître par l'intervention de l'élément ferrugineux (1). Toutefois, c'est Eusèbe Gris qui, le premier, en 1849, rattacha la chlorose des feuilles à l'absence ou à l'insuffisance des sels de fer. N'oublions pas néanmoins que l'analogie, selon moi assez éloignée, que l'on cherche à établir aujourd'hui entre la matière verte des plantes et la matière rouge du sang, est née de cette assertion de M. Verdeil : que le fer existe en forte proportion dans la chlorophylle à l'état où il est dans l'hématosine ; par suite, on a introduit, en physiologie végétale, le mot *chlorose*, emprunté à la pathologie, pour exprimer l'étiolement des feuilles.

Le fer existant dans les aliments, probablement même dans tous les aliments, il restait, en se plaçant à un point

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. XXXII, p. 461 : « Sans fer, la couleur verte manque plus ou moins à la plante, qui ressemble à un végétal venu dans l'obscurité. »

de vue pratique, à en fixer la quantité, non-seulement dans les substances servant à la nourriture de l'homme, mais encore dans les fourrages, afin d'être à même d'en apprécier la proportion dans les rations alimentaires. Les données analytiques que j'ai déjà pu rassembler intéresseront, je l'espère, les physiologistes, et aussi les éleveurs, s'il est vrai que la bonne constitution du sang exerce une influence favorable sur la santé, la vigueur, en un mot, sur la qualité des animaux et sur celle de leurs produits.

En ce qui concerne les aliments, les dosages ont été exécutés à l'état où ils sont consommés, c'est-à-dire avec leur eau constitutionnelle (1). J'ai cru devoir doser le fer dans le vin, dans la bière et dans quelques-unes des eaux distribuées à Paris, que notre confrère M. Belgrand a bien voulu me procurer avec une obligeance dont je ne saurais trop le remercier. J'ai à peine besoin d'ajouter que l'eau, soit comme boisson, soit en intervenant dans la coction des viandes et des légumes, apporte nécessairement un faible contingent du métal objet de ces recherches.

Voici les résultats des dosages que j'ai pu faire jusqu'à présent :

Fer exprimé à l'état métallique.

Dans 100 grammes de matière :

	gr		gr
Sang de bœuf	0,0375	Arêtes d'aigrefin, séchées à l'air	0,0372
Sang de porc	0,0634	Morue dessalée (chair)	0,0042
Sang blanc de limace	0,0007	Lait de vache	0,0018
Chair musculaire de bœuf	0,0048	Lait de chèvre	0,0004
Chair musculaire de veau	0,0027	Œufs de poule, sans la coque	0,0057
Chair musculaire de porc	0,0029	Jaune d'œuf	0,0068
Chair de poisson (merlan)	0,0015	Blanc d'œuf	0,0005
Merlan, poisson entier	0,0082	Coquille d'œuf	0,0374
Arêtes fraîches de merlan	0,0100		

(1) Comme il s'agissait de doser de très-minimes quantités de fer, on devait se mettre à l'abri, dans les manipulations, de toute introduction accidentelle de ce métal. La chair musculaire était dépecée avec un couteau en obsidienne; les fruits, les feuilles coupées avec une lame en platine.

	gr
Colimaçon, sans la coquille.	0,0036
Coquilles de colimaçons..	0,0298
Limaces...............	0,0120
Nacre.................	0,0119
Os de bœuf (frais)......	0,0120
Os de pied de mouton....	0,0209
Ivoire................	0,0298
Corne de bœuf (sèche)...	0,0083
Cheveux noirs (homme de quarante ans)........	0,0755
Cheveux châtains.......	0,0186
Crins de cheval.........	0,0507
Plumes de pigeon........	0,0179
Laine de mouton........	0,0402
Peau de lapin, fraîche, épilée..................	0,0039
Poils de lapin...........	0,0210
Poils blancs de chien....	0,0305
Poils noirs de chien (1)..	0,0499
Souris (entière).........	0,0110
Urine d'homme (moyenne)	0,0004
Urine de cheval.........	0,0024
Excréments de cheval, humides...............	0,0138
Pain blanc de froment....	0,0048
Excréments de limace (2).	0,0750
Maïs..................	0,0036
Riz..................	0,0015
Haricots blancs..........	0,0074
Lentilles...............	0,0083
Pois..................	0,0051
Avoine................	0,0131
Pommes de terre........	0,0016
Carottes (racines).......	0,0009
Feuilles de carottes.....	0,0066
Pommes.............	0,0020
Fraises...............	0,0010
Feuilles d'épinards.....	0,0045
Chiendent; feuilles.....	0,0080
Chou, intérieur, étiolé...	0,0009
Chou, feuilles vertes....	0,0039
Chou pommé, feuilles vertes.............	0,0022
Chou pommé, intérieur étiolé..............	0,0008
Champignons de couche.	0,0012
Neottia nidus avis (3)...	0,0013
Guy.................	0,0034
Pin laricio; aiguilles vertes, anciennes.........	0,0080
Aiguilles pâles, nouvelles	0,0010
Cônes...............	0,0019
Écorce...............	0,0032
Bois.................	0,0004
Fleurs de lis, pétales....	0,0007
Foin.................	0,0078
Paille de froment.......	0,0066
Warech, séché à l'air...	0,0548
Boissons, dans 1 litre.	
Vin rouge du Beaujolais.	0,0109
Vin blanc d'Alsace......	0,0076
Bière................	0,0040
Eau de Seine, Bercy (14 mai), filtrée.....	0,00040
Eau de la Marne (10 avril)	0,00105
Eau de la Dhuys (10 avril)	0,00104
Eau du puits de Grenelle.	0,00160
Eau du puits de Passy...	0,00280
Eau de la mer (Nice) (4).	0,00070

Établissons maintenant, avec les données précédentes, la quantité de fer contenue dans divers régimes alimentaires.

(1) Les poils pris sur le même chien.

(2) Cendres rougeâtres.

(3) Parasite pris sur la racine d'un pin.

(4) Cette eau, prise il y a quelques années, était dans un flacon bouché à l'émeri.

Ration du marin français.

			Fer contenu.
	gr		gr
Pain	750	ou l'équivalent en biscuit	0,0360
Viande	300	ou l'équivalent en viande salée	0,0144
Légumes secs	120	haricots, lentilles	0,0101
Café	20	mis en infusion	»
Beurre	15	et huile d'olive 6gr	»
Choux	20		0,0005
Vin	460		0,0051
Eau-de-vie	60		»
Sel marin	22		»
		Fer dans la ration	0,0661

Dans la ration du soldat, peu différente de celle du marin : fer 0,0780

Ration d'un ouvrier anglais.

Ouvrier travaillant au chemin de fer de Rouen, d'après M. de Gasparin.

	gr		gr
Pain	750		0,0360
Viande	650		0,0312
Pommes de terre	1000		0,0160
Bière	2lit		0,0080
		Fer dans la ration	0,0912

Dans la ration journalière des ouvriers en Irlande, la pomme de terre remplaçant le pain (1) :

	gr	gr
Pommes de terre	6000	0,0960
Lait	500	0,0090
Bière	1lit	0,0040
		0,1090

Ration du forçat soumis au travail.

	gr	gr
Pain	917	0,0440
Légumes secs à l'huile ou au lard	120	0,0099
Vin	48clit	0,0052
		0,0591

(1) PAYEN. *Substances alimentaires*, page 507.

Ration du cheval de la cavalerie de réserve.

			Fer.
	gr		gr
Foin	5000	....	0,3900
Avoine	3600	....	0,4716
Paille p. nourrit. et litière.	5000	moitié pour nourriture...	0,0150
			1,0166

Ration du cheval attelé à de lourdes voitures.

	gr		gr
Foin	7000	....	0,5460
Avoine	7750	....	1,0152
			1,5612

			Fer.
		kil	gr
Une vache du poids de 600 kilogrammes consommant par jour.	Foin.	17,05 reçoit	1,365
Produit en moyenne............	Lait.	7,52 contenant.	0,135
Au maximum de rendement......		14,42	0,260
Un veau, pendant l'allaitement, consomme, en moyenne	Lait..	10,3 contenant.	0,185

Chez un individu ayant atteint son complet développement, le fer compris dans la ration ne fait que traverser l'organisme, en apparence du moins. Je dis en apparence, parce que, le métal donné chaque jour avec la nourriture remplaçant celui qu'éliminent chaque jour les fonctions vitales, on retrouvera dans les excrétions une quantité de fer égale à celle qui aura été introduite. Le sang brûlé, expulsé par le rein après la combustion respiratoire, entraîne évidemment une partie du fer entrant dans sa constitution. La présence du métal dans l'urine de l'homme, dans les déjections du cheval, établit la réalité de cette élimination.

Pour un animal en voie de croissance, tout le fer ne sera pas éliminé, et il y aura chaque jour du fer fixé dans l'organisme, comme il y a, dans cette condition, fixation d'azote, de phosphates, de phosphore, de soufre, par cela même qu'il y a production de sang, augmentation de chair musculaire, dont le fer est partie intégrale. Ajoutons que les

os, les poils, la peau, les plumes chez les oiseaux, retiennent ce métal en notable quantité.

Il a paru intéressant de rechercher en quelle proportion le fer se trouvait dans l'organisme d'un animal.

Mouton. — A l'occasion d'observations sur l'engraissement, on fut obligé de peser les divers organes, le squelette, la peau, la laine, la graisse, la chair, le sang d'un mouton pesant $32^{kg},07$ après qu'on eut vidé les intestins [1].

En appliquant les dosages, on trouve que le fer contenu doit approcher de $3^{gr},38$, soit 0,00011 du poids du mouton.

Souris. — Dans la cendre d'une souris du poids de 27 grammes et brûlée dans le moufle, on a dosé :

Fer, $0^{gr},0030$, les 0,00011 du poids de l'animal.

Poisson. — Un merlan pesant 182 grammes a laissé une cendre très-blanche, dans laquelle on a dosé :

Fer, $0^{gr},0149$, les 0,000082 du poids du poisson.

Il n'y aurait donc pas au delà de $\frac{1}{10000}$ de fer. Pour les invertébrés ne renfermant ni os ni arêtes, la fraction serait encore moindre : elle n'a pas atteint 0,00004 dans les colimaçons, et n'a pas dépassé 0,000012 dans des limaces auxquelles on avait enlevé les intestins.

Tout infime que soit la quantité de fer constatée, elle n'en est pas moins indispensable, puisque, sans elle, il n'y aurait probablement pas de sang constitué. Il y a là un nouvel exemple de l'intervention efficace d'infiniment petits dans les phénomènes de la vie.

C'est au fer que, généralement, on attribue la couleur du sang. L'hématosine, matière colorante des globules, en contiendrait au nombre de ses éléments; mais la présence

---

(1) BOUSSINGAULT, *Économie rurale*, t. II, p. 628, 2e édition.

de ce métal n'expliquerait peut-être pas d'une manière satisfaisante la coloration en rouge de l'hématosine, puisqu'il résulte des expériences de MM. Mulder et van Goudoever qu'elle en peut être dépouillée complétement sans que sa couleur soit modifiée [1]. Ensuite on est amené à n'accorder à la couleur du sang qu'une importance limitée, par cette raison qu'elle semble manquer entièrement dans le sang de presque tous les animaux invertébrés [2]. « Si l'on ouvre le cœur d'un colimaçon ou d'une huître, on y trouve un liquide dont le rôle physiologique est le même que celui du sang d'un animal vertébré; seulement, au lieu d'être rouge, il est incolore. C'est bien du sang au même titre que le fluide nourricier de l'homme ou du cheval, mais c'est du sang blanc au lieu d'être du sang rouge [3]. » Or les observations microscopiques montrent que le sang incolore est à peu près constitué comme le sang coloré des vertébrés. Chez les mollusques, les globules du sang blanc sont circulaires, plus ou moins aplatis [4].

Il y avait lieu de rechercher le fer dans ce sang. N'ayant pu d'abord m'en procurer en quantité suffisante, j'ai dû me borner à doser ce métal dans un mollusque.

140 grammes de colimaçons *dégorgés*, c'est-à-dire privés de nourriture depuis longtemps, ont été séparés de leurs coquilles, desséchés et brûlés sous le moufle.

Dans les cendres, on a trouvé $0^{gr},0050$ de fer. Pour 100 grammes, fer $0^{gr},0036$.

Ainsi la chair de ces colimaçons injectée de sang blanc renfermait à peu près autant de fer que la chair musculaire du bœuf, du veau et du porc injectée de sang rouge.

Ce résultat n'apportait néanmoins aucune donnée cer-

---

(1) Milne Edwards, *Leçons de Physiologie*, t. I, p. 179.
(2) Milne Edwards, p. 104.
(3) Milne Edwards, p. 91.
(4) Milne Edwards, p. 96.

Ainsi, pour le bœuf, si l'on discute les données présentées au commencement de ce travail, on a

	Matières fixes.	Fer.
	gr	gr
Dans 100 grammes de sang.....	22,0	0,0525
Dans 100 grammes de chair.....	22,5	0,0048

Après dessiccation :

	Fer.
	gr
Dans 100 grammes de sang sec....... ...	0,239
Dans 100 grammes de chair sèche.........	0,021

On remarque qu'à l'état normal le sang de limaces contiendrait $\frac{1}{75}$ du fer trouvé dans le sang de bœuf. Peut-être pourrait-on soutenir que c'est à cause de l'exiguïté de la proportion de fer que le sang des invertébrés n'est pas sensiblement coloré. Il n'est pas probable cependant qu'il y ait dans le sang blanc à globules elliptiques un composé analogue à l'hématosine, même en minime quantité, par cette raison que, en le concentrant, il ne prend pas la nuance brune caractéristique de la matière colorante du sang rouge.

Les invertébrés n'absorberaient donc que dans une limite extrêmement restreinte les principes ferrugineux des aliments. Les limaces consomment comme nourriture des feuilles vertes dans lesquelles il y a, pour 100 grammes, $0^{gr},004$ à $0^{gr},007$ de fer, dont la plus grande partie a été retrouvée dans les excréments. Dans 100 grammes de déjections humides on a dosé : fer $0^{gr},075$. Aussi ces déjections ont-elles laissé des cendres rougeâtres.

Répartition du fer dans les matériaux du sang.

On s'est proposé de rechercher comment le fer est réparti dans les trois principes essentiels du sang rouge : la fibrine, la matière des globules, l'albumine.

Le sang duquel on a retiré ces principes provenait d'une vache demi-grasse.

Fibrine.

La fibrine a été extraite par le battage du sang encore chaud; lavée sous un filet d'eau, elle est devenue à peu près incolore.

100 grammes, lavés, bien égouttés, ont donné :

Fibrine sèche..............................	29gr,15
Après combustion, cendres..........	0,627
Dans lesquelles on a dosé, fer (métal).	0,01357

Rapportant à la fibrine desséchée, 100 grammes contiendraient :

Substances minérales..............	2gr,1510
Fer (métal)........................	0,0466

Globules.

Les globules ont été préparés par le procédé de M. Dumas, fondé sur une de leurs propriétés bien remarquable, celle d'être insolubles, tant qu'ils sont en contact avec l'oxygène, tant que le sang défibriné, mêlé à une solution de sulfate de soude, est traversé par un courant d'air rapide et continu. L'albumine du sérum est entraînée par la dissolution saline. Les globules sont desséchés dans le vide, traités par l'alcool et l'éther pour les rendre insolubles, puis lavés avec de l'eau afin de leur enlever le sulfate de soude dont ils sont imprégnés ([1]).

4 grammes de la matière des globules, séchée dans le vide, ont laissé :

Cendres rouges volumineuses..	0gr,053	pour 100, 1gr,325
On a dosé : fer exprimé en métal.	0,01399	0,350

([1]) Dumas, *Recherches sur le sang.* (*Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. XVII, p. 452.)

Les cendres n'étaient évidemment pas uniquement formées de sesquioxyde, car $0^{gr},35$ de métal équivalent à $0^{m},50$ de Fe^2O^3.

Il y avait, par conséquent, avec le sesquioxyde d'autres substances minérales; on a, en effet, reconnu dans les cendres des globules : de l'acide phosphorique, de la chaux et de la magnésie.

Albumine-sérum.

La coagulation du sang défibriné n'a eu lieu que très incomplétement. Le sérum restait fortement coloré; il apparut des vibrions.

On réussit mieux avec le sang de vache non défibriné. Le caillot se déposait encore avec lenteur; cependant on put, par décantation, retirer un sérum d'une teinte légèrement rouge, dans lequel au microscope on n'apercevait pas de globules.

Dans 103 grammes de sérum, on a dosé :

Matières sèches......	9,78 gr	pour 100,	9,50 gr
Substances minérales..	0,853	»	0,828
Fer exprimé en métal.	0,00842	»	0,0082

Rapportant à 100 de sérum sec :

Substances minérales............	8,715 gr
Fer (métal).....................	0,086

Résumé.

Dans 100 de matières sèches :

	Substances minérales.	Fer exprimé en métal.
	gr	gr
Fibrine............	2,151	0,0466
Globules...........	1,325	0,3500
Albumine (sérum sec).	8,715	0,0863

Ainsi on a dosé, dans les globules, sept fois autant de

fer que dans la fibrine, quatre fois autant que dans l'albumine.

Voyons si, avec ces données, on retombera sur la quantité de fer trouvée dans le sang par les dosages exécutés sur ce fluide.

Les analyses ont établi ainsi qu'il suit la composition du sang. Pour 100 :

	Sang de l'homme [1].	Sang de vache [2].
Fibrine............	0,3	0,4
Albumine..........	7,0	7,4
Globules...........	12,7	10,5
Substances minérales.	1,0	1,0 [3]
Eau...............	79,0	80,7
	100,0	100,0

D'après la répartition des substances minérales et du fer dans les trois substances azotées constituant le sang, on aurait :

Sang de l'homme.

		Substances minérales.	Fer.
Fibrine...	0gr,3	0gr,00645	0gr,00014
Albumine.	7,0	0,61005	0,00604
Globules..	12,7	0,16827	0,04445
		0,78477	0,05063

Sang de la vache.

		Substances minérales.	Fer.
Fibrine...	0gr,4	0gr,00860	0gr,00019
Albumine.	7,4	0,64491	0,00639
Globules..	10,5	0,13912	0,03675
		0,79263	0,04333

(1) Dumas.

(2) Gavarret.

(3) On avait dosé comme albumine la matière sèche du sérum. On a supposé que dans cette albumine se trouvait 1 de substances minérales.

Par le dosage direct, on a trouvé :

Dans 100 grammes de sang de l'homme, fer (métal).	gr 0,051
Dans 100 grammes de sang de bœuf, fer (métal)..	0,048

En prenant la totalité des dosages directs, dans 100 grammes du sang des herbivores, on a rencontré $0^{gr},038$ à $0^{gr},055$ de fer.

Le fer contenu dans le sang, calculé d'après sa répartition dans la fibrine, l'albumine et les globules, ne diffère pas sensiblement du fer dosé directement.

La forte proportion de fer dans les globules rouges tient, à n'en pas douter, à la présence de la matière colorante.

L'hématosine, extraite du sang défibriné, est d'un brun foncé, insipide, insoluble dans l'eau pure, soluble dans l'eau et dans l'alcool rendus légèrement alcalins. Les cendres qu'elle laisse sont très-riches en sesquioxyde de fer.

De l'hématosine, préparée par MM. Tabourin et Lemaire, professeurs à l'École vétérinaire de Lyon, après avoir été séchée dans l'extricateur, a donné pour 100 :

Cendres rouges................	10,750
Dans lesquelles on a dosé, fer.....	6,330

6,33 de métal équivalent à 9,043 de sesquioxyde; il reste 1,707 de substances minérales unies ou mêlées à l'oxyde de fer. La réaction du nitrate de cérium ayant signalé la présence de l'acide phosphorique, on a procédé à l'analyse des cendres.

Dans 100 grammes de cendres de l'hématosine, on a dosé :

Sesquioxyde de fer...........	gr 84,121
Acide phosphorique...........	13,512
Chaux......................	2,980
	100,619

Si l'on considère la chaux comme étant à l'état de

$PhO^5, 3CaO$, et l'acide phosphorique restant, après la saturation de la chaux, constituant le phosphate de fer $3PhO^5, 2Fe^2O^3$, la composition des cendres serait représentée par :

	gr
Sesquioxyde de fer.............	75,97
Phosphate de fer..............	19,14
Phosphate de chaux............	5,51
	100,62

Sans se préoccuper de la constitution des phosphates qu'elle renferme, la composition de l'hématosine examinée peut être exprimée par :

	gr
Matières organiques............	89,25
Sesquioxyde de fer..........	9,04
Acide phosphorique............	1,45
Chaux......................	0,72
	100,46

Un fait assez inattendu, révélé par ces recherches, c'est que, dans la chair musculaire, il y a bien moins de fer que dans le sang. La différence est même fort notable.

	Dans 100 grammes de sang.	Dans 100 grammes de chair.
		gr
Bœuf, fer......	0,047	0,005
Porc, fer......	0,058	0,003

Cependant le sang et la chair renferment à peu près la même quantité de matières fixes : ce qui a fait dire que le sang est de la chair liquide. L'expression manque peut-être de justesse, parce que le sang, dérivant directement des aliments, comprend nécessairement tout ce qui contribue à constituer l'organisme, tandis que, la chair musculaire étant seulement un des matériaux de l'organisme, on ne doit plus y retrouver, du moins dans la même proportion, les principes du sang dont une partie, les phosphates, concourent au développement des os; nul doute

que du fer accompagne ces phosphates; et c'est ainsi que, dans les concrétions minérales où le calcaire domine, phosphate des os, carbonate des coquilles, on trouve ce métal en assez forte proportion, puisque dans 100 grammes d'os, de coquilles, il y en a quelquefois $0^{gr},04$.

Que le fer soit indispensable à la vie des animaux, cela ressort de sa présence constante, non-seulement dans le sang rouge, mais encore dans le sang blanc ; dans le sang des limaces sec, il y en a, pour 100 grammes, $0^{gr},018$, et bien qu'il n'entre pas dans un composé à coloration intense, tel que l'hématosine, ce métal peut fort bien contribuer à l'apparition des faibles teintes jaunes, bleues, roses que prend assez souvent le sang blanc par son exposition à l'air. Le sang des annélides est rouge; et, d'après quelques essais encore incomplets, il s'y trouverait plus de fer que dans le sang des limaces ([1]).

L'état morbide, la chlorose, dont les plantes à feuillage vert sont affectées quand le fer vient à manquer dans le sol, prouve la nécessité de son intervention dans la vie des végétaux ; on le rencontre, en effet, dans les feuilles vertes, dans les fleurs, les fruits, les tiges, l'écorce et les racines. On ne saurait être aussi affirmatif lorsqu'il s'agit des plantes dénuées de parties vertes; sans doute il y a du fer dans les cryptogames : 100 grammes d'*Agaricus campestris*, de *Neottia nidus avis* en ont donné $0^{gr},0013$, soit environ 0,013 pour 100 grammes de plante sèche; mais on ne doit pas oublier qu'un végétal puise à la fois dans le sol les substances qui lui sont utiles et les substances qui ne lui sont pas nuisibles ; en sorte que le fer pourrait être à un état passif. Une expérience, dont on comprendra

([1]) 100 grammes de vers de terre *vidés* ont donné :

	gr
Matières sèches...	17,81
Cendres rougeâtres	4,22
Fer...	0,03653

toutes les difficultés d'exécution, devait seule décider si le fer entrait réellement dans la constitution de la plante : il s'agissait de suivre un végétal d'un ordre inférieur dans son développement, en lui assignant pour sol un milieu pourvu d'agents fertilisants apportant l'azote, le carbone, les éléments de l'eau, l'acide phosphorique, les bases alcalines et terreuses. Il fallait, en outre, que l'observateur pût, à volonté, exclure de ce milieu les sels de fer ou les faire intervenir, afin d'apprécier nettement leur influence. Ce sujet a été traité avec une rare persévérance et un grand talent d'observation par M. Raulin [1]. Il résulte de son travail qu'une mucédinée, l'*Aspergillus niger*, à égalité de fertilité du milieu ensemencé de spores, à égalité de température et d'humidité, ne donne des récoltes maxima qu'autant qu'un sel de fer est au nombre des agents fertilisants. Par exemple :

Sans l'intervention du fer, la récolte sèche pèsera de................	4 à 7 grammes.
Avec l'intervention du fer, la récolte sèche pèsera de................	19 à 25 »

M. Raulin déduit d'expériences multipliées que 1 gramme de fer introduit à l'état de sel déterminerait un excédant de récolte de 857 grammes.

Lorsque l'on n'ajoute pas de fer au *milieu*, la mucédinée se développe néanmoins dans certaines limites ; on a une récolte minima. C'est que, en réalité, ainsi que le fait remarquer M. Raulin, l'élément que l'on croit avoir supprimé existe encore à titre d'impureté. Si le *milieu* dans lequel on sème les spores pèse, comme c'est souvent le cas, 3000 grammes, il suffit qu'il s'y trouve un ou deux millionièmes de fer pour que l'action du métal se mani-

[1] Raulin, *Recherches sur le développement d'une mucédinée dans un milieu artificiel*, Thèse présentée à la Faculté des Sciences de Paris.

feste. Il n'en serait autrement que si l'eau, les poussières de l'air, les agents fertilisants employés, même les spores de la mucédinée que l'on sème, étaient absolument exempts de fer, condition que tout observateur considérera comme impossible à réaliser.

Que dans la végétation de l'*Aspergillus*, ainsi que l'insinue M. Raulin, le rôle du fer consiste à empêcher la formation d'une substance vénéneuse nuisant à la végétation, ou bien que le fer entre dans la constitution de la mucédinée, toujours est-il qu'il disparaît ; l'observation l'établit, et le sol, après l'avoir perdu, retombe dans l'état de fertilité incomplète où il était avant son intervention. L'*Aspergillus* récolté doit donc contenir du fer. Je n'y ai pas cherché ce métal, mais je l'ai cherché dans du *Penicillum*, obtenu en semant des spores sur du glucose dissous dans le liquide fertilisé de M. Raulin ([1]), renfermant $0^{gr},064$ de sulfate de fer.

La récolte de *Penicillum* humide a pesé	gr 8,2
» sèche a pesé...	1,37
On a dosé : fer (métal)................	0,0015
Le fer du sulfate ajouté devait peser.....	0,0013

Le fer du milieu fertile avait donc pénétré dans le *Penicillum* récolté.

Après cette discussion, dans laquelle je me suis surtout appuyé sur les belles recherches de M. Raulin, je suis porté à croire que le fer trouvé dans les champignons, dans le *Neottia nidus avis*, dans le *Penicillum*, appartient à la constitution de ces cryptogames, et que, tout au moins, il est indispensable à leur développement.

M. Raulin a reconnu que le fer n'est pas le seul métal agissant avec efficacité sur le développement de l'*Aspergillus*; le zinc posséderait la même faculté ; et si je n'ai

([1]) RAULIN, p. 115.

pas insisté sur ce fait fort intéressant, c'est que, dans les conditions ordinaires de la vie végétale, le fer seul intervient, parce qu'il est partout : dans la terre, dans l'eau, dans l'humus.

Ainsi que je l'ai dit, on a cherché à établir une analogie entre la matière colorante verte des feuilles et la matière colorante rouge du sang, en se fondant sur ce fait, dont je ne trouve nulle part une confirmation suffisante, que le fer existerait en forte proportion dans la chlorophylle et à l'état où il est dans l'hématosine. D'abord une analyse de M. Plaunder n'y indiquerait qu'une trace de ce métal. Il est, au reste, difficile de raisonner sur la constitution d'une matière que l'on n'a pas encore obtenue pure, et entrant pour si peu dans l'organisme, que Berzélius estimait que toutes les feuilles d'un grand arbre n'en fourniraient peut-être pas 10 grammes. Tout ce que l'on sait, sous le rapport physiologique, c'est que la chlorophylle paraît dériver du protoplasma, qu'elle se répand dans toute la cellule et qu'elle n'est pas autre chose que du protoplasma vert [1]. Mais si l'on ne connaît pas sa nature, son rôle chimique est bien déterminé ; sous l'action de la lumière, elle dissocie l'acide carbonique.

En partant de cette opinion, que le fer est un élément constant de la chlorophylle, on est amené à supposer dans les feuilles vertes une proportion de métal beaucoup plus élevée que dans les feuilles non colorées, que dans les feuilles étiolées. J'avoue que je ne crois pas qu'il en soit toujours ainsi, à moins que la feuille non colorée appartienne à une plante venue dans un sol privé de fer ; mais alors, même à la lumière solaire, la feuille resterait blanche. Il y a certainement dans ce fait, que je crois parfaitement établi, une preuve de l'influence des sels de fer sur l'apparition de la chlorophylle. Dans le cas où la plante aurait

---

(1) SACHS, *Physiologie végétale*, p. 341 (traduction).

crû dans un sol pourvu de fer, une feuille étiolée, par suite de sa situation dans l'obscurité, contiendra, comme une feuille verte, du fer originaire de la terre. Il est vrai que l'analyse semble indiquer plus de fer dans les feuilles vertes; mais cette différence pourrait tenir en partie à ce que, dans les feuilles non colorées, il y a une beaucoup plus forte quantité d'eau constitutionnelle; c'est ce qu'il faut examiner.

Un chou pommé a ses feuilles externes épanouies enveloppant des feuilles internes contournées, fortement serrées, que la lumière ne peut plus atteindre; cet étiolement, opéré naturellement au centre du chou, les jardiniers le produisent lorsqu'ils veulent *blanchir*, pour les attendrir, les salades et certains légumes, en ramassant et liant au sommet les feuilles extérieures, de manière à emprisonner les feuilles intérieures.

	gr
Dans 100 grammes de feuilles vertes de choux dosé, fer	0,00224
Dans 100 grammes de feuilles blanches, fer.	0,00080

Il y aurait près de trois fois autant de fer dans les feuilles vertes que dans les feuilles blanches. La cause de cette différence dépend-elle seulement de la présence de la chlorophylle dans les feuilles vertes? Non : elle provient aussi de ce que les feuilles non colorées sont plus aqueuses.

100 grammes de feuilles vertes ont donné :

	gr
Matières sèches	15,2
Cendres	3,04

100 grammes de feuilles blanches :

Matières sèches	7,6
Cendres	0,63

Les feuilles vertes, exposées au soleil, contenaient deux fois autant de matières sèches, cinq fois autant de sub-

stances minérales que les feuilles non colorées. Ces différences sont la conséquence de leur position.

La transpiration et, par suite, la fixation des substances venant du sol ont été naturellement bien plus prononcées chez les feuilles vertes; de sorte que, en ramenant à l'état sec, la différence entre les quantités de fer est singulièrement amoindrie, bien qu'elle persiste cependant.

Dans 100 de feuilles vertes sèches, fer..	0,01475 gr
Dans 100 de feuilles blanches sèches, fer.	0,01053

Le fer existe donc dans les feuilles non colorées comme dans les feuilles vertes; il suffit d'ailleurs de les exposer au soleil, de leur donner de l'air pour qu'elles prennent la teinte verte. Sous l'action de la lumière, la chlorophylle est constituée par le concours du fer préexistant.

Je ne crois pas inutile de présenter ici deux observations tendant à corroborer les faits que l'on vient d'exposer, en établissant toutefois qu'il y a une plus forte proportion de métal dans les feuilles les plus colorées. On a d'abord dosé le fer dans les aiguilles d'un pin *laricio*.

I. Dans 100 grammes d'aiguilles d'anciennes pousses d'un vert foncé :

Fer........................	0,0080 gr
Matières sèches...............	44,30
Cendres.....................	1,36

Dans 100 grammes d'aiguilles de nouvelles pousses d'un vert très-pâle :

Fer........................	0,00096 gr
Matières sèches...............	29,70
Cendres.....................	0,58

Dans les aiguilles anciennes, les plus vertes, il y aurait dix fois autant de métal que dans les aiguilles les moins colorées.

Ramenant à l'état sec :

Dans 100 grammes d'aiguilles vertes, fer	gr 0,0180
Dans 100 grammes d'aiguilles peu colorées, fer.	0,0034

Les aiguilles fortement colorées renfermaient six fois plus de fer que les aiguilles d'un vert pâle.

Les feuilles fraîches sont décolorées quand elles restent en digestion dans l'alcool. La matière verte est dissoute, et, avec elle, la chlorophylle; en conséquence, s'il entre du fer dans la chlorophylle, on le retrouvera parmi les cendres de l'extrait alcoolique; car les autres principes immédiats solubles dans l'alcool, les substances grasses, les résines, sont exempts de ce métal.

100 grammes d'aiguilles anciennes du pin *laricio* ont été épuisés par l'alcool. La solution, d'un beau vert, laissa un résidu brun pesant :

Sec.............................. ..	gr 6,50
Après combustion....................	0,09
Dans les cendres on a dosé, fer (métal).	0,0018

A 100 d'extrait alcoolique sec répondrait 0,0277 de métal, un peu moins de $\frac{3}{100000}$; mais, dans l'extrait, il n'y avait certainement qu'une bien faible quantité de chlorophylle, sur laquelle il faudrait reporter les 0^{gr},0018 de fer dosé.

L'alcool n'avait enlevé avec les principes dissous que le quart du fer existant dans les aiguilles du pin *laricio*.

Dans 100 grammes, on avait dosé, fer.	gr 0,0080
Dans l'extrait alcoolique, provenant des 100 grammes d'aiguilles, fer.......	0,0018

II. Dans 100 grammes de feuilles de chiendent, on avait trouvé :

Fer........................	gr 0,0080
Matières sèches...............	18,25
Cendres....................	2,30

100 grammes des mêmes feuilles, épuisées par l'alcool, étaient complétement décolorées.

La solution alcoolique, d'un beau vert-émeraude, a laissé un extrait sec, pesant....	4gr,90
Après combustion de l'extrait, cendres....	1,10
Dans les cendres, on a trouvé, fer (métal).	0,00254

A 100 d'extrait répondait 0,052 de métal, $\frac{5}{10000}$, attribuable à la quantité inconnue de chlorophylle comprise dans les 4gr,90.

L'alcool avait enlevé un peu plus que le tiers du fer trouvé dans les feuilles de chiendent.

Il résulte de ces expériences que, dans les feuilles, il y a certainement du fer engagé dans une combinaison colorée, soluble dans l'alcool et entrant très-probablement dans la constitution de la chlorophylle. Le métal que l'alcool n'enlève pas avec la matière verte est dans l'organisme de la plante au même titre que les autres substances minérales. Le fer est réparti de la même manière dans les animaux. Dans les globules du sang, il est engagé dans l'hématosine, soluble dans l'alcool rendu alcalin; le métal qui n'entre pas dans la constitution de la matière colorante rouge est, avec d'autres substances minérales, dans l'albumine et la fibrine.

En parcourant le tableau où les dosages sont consignés, on est frappé de la minime quantité de fer contenue dans certains aliments; ce fait s'explique en partie par la forte proportion d'eau que retiennent les substances végétales vertes; aussi, en ramenant ces substances à l'état sec, la proportion de fer augmente naturellement, et les différences sont moins prononcées.

	Fer dosé.	Eau.	Matière sèche.	Dans 100gr de matière sèche. Fer.
	gr	gr	gr	gr
Pommes de terre.	0,0016	76,0	24,0	0,0067
Carotte........	0,0009	87,0	12,4	0,0073
Choux.........	0,0008	90,1	9,9	0,0081
Maïs..........	0,0036	17,0	83,0	0,0044
Riz...........	0,0015	14,6	85,4	0,0018
Haricots.......	0,0074	15,0	85,0	0,0087
Lentilles.......	0,0083	12,5	87,5	0,0095
Pois..........	0,0051	14,0	86,0	0,0059
Lait de vache...	0,0018	87,0	13,0	0,0138

On remarquera toutefois que la proportion de fer dans les substances alimentaires végétales sèches est encore bien inférieure à celle des substances animales ramenées aussi à l'état sec.

Dans 100 grammes :

	Fer dosé.	Eau.	Matière sèche.	Dans 100gr de matière sèche. Fer.
	gr	gr	gr	gr
Chair de bœuf.	0,0048	78,0	22,0	0,022
OEufs........	0,0057	80,0	20,0	0,020

C'est que, dans les aliments végétaux, et l'on peut y comprendre le lait, il y a deux ordres de principes immédiats : les principes azotés, accompagnés de phosphates, comme l'albumine, la viande végétale ; puis les principes non azotés, tels que la cellulose, l'amidon, les sucres, les graisses, ne laissant aucun résidu après l'incinération, et dans lesquels, par conséquent, le fer n'existe pas ; de sorte que, si on les éliminait, on retrouverait concentré dans la viande végétale, ainsi isolée, le métal que l'on aurait dosé dans l'aliment complet. En partant de la composition des substances nutritives [1], il est possible de déterminer ce

[1] BOUSSINGAULT, *Économie rurale*, t. II, p. 356, 2e édit.

qu'elles contiennent de matières azotées et de rechercher si, dans ces matières, la proportion de fer se rapproche de celle de la chair des animaux.

Dans 100 grammes d'aliments à l'état normal :

	Fer dosé.	Viande végétale.	Dans 100gr de Viande végétale. Fer.
	gr	gr	gr
Pommes de terre.	0,0016	3,3	0,048
Carotte........	0,0009	2,5	0,036
Choux.........	0,0008	3,1	0,026
Maïs..........	0,0036	3,1	0,027
Riz...........	0,0015	8,0	0,019
Haricots.......	0,0074	30,4	0,024
Lentilles.......	0,0083	27,2	0,030
Pois..........	0,0051	26,6	0,019
Lait de vache...	0,0018	4,6	0,039

La moyenne 0gr,029, dans 100 grammes de la matière azotée sèche, préexistant dans l'aliment végétal, ne diffère pas notablement du fer de la chair musculaire du bœuf.

Ainsi la substance azotée, l'aliment plastique élaboré par la plante, contient le métal que l'on trouvera plus tard dans la chair des herbivores; élément essentiel du végétal, il devient un élément essentiel de l'organisme animal. Le fer, après avoir appartenu à la matière colorante verte des feuilles, la chlorophylle, appartiendra plus tard à la matière colorante rouge du sang, à l'hématosine.

De toutes les substances nutritives consommées par l'homme, le sang est certainement l'aliment le plus riche en fer, et je puis ajouter en fer assimilable, par la raison qu'il a déjà été assimilé. En Europe, le sang de porc est à peu près le seul que l'on accepte comme nourriture; le sang des autres animaux de boucherie a une saveur, une odeur particulière, qui font qu'on le repousse. Cependant, dans les steppes de l'Amérique du Sud, on le mange après

l'avoir coagulé et assaisonné avec des condiments très-sapides. C'est un usage fort ancien. Lors de la conquête, les Espagnols constatèrent avec étonnement que les Indiens de Cibola (Nouvelle-Espagne) recueillaient avec soin, pour s'en nourrir, le sang des bisons qu'ils tuaient dans leurs chasses [1].

---

[1] Lopez de Gomara, *Historia general de las Indias*, année 1552.

SUR LE

DÉVELOPPEMENT PROGRESSIF DE LA MATIÈRE VÉGÉTALE

DANS LA CULTURE DU FROMENT.

Dans un Mémoire sur la nutrition des végétaux, Mathieu de Dombasle a cherché à renverser cette opinion assez accréditée chez les cultivateurs, que les plantes n'épuisent le sol qu'à l'époque où elles forment leurs semences, c'est-à-dire depuis le moment de la fécondation jusqu'à celui de la maturité : ainsi une récolte fauchée lors de la floraison appauvrirait beaucoup moins la terre que si on la laissait mûrir. D'ailleurs, de toutes les parties des végétaux, les graines renferment sous le même poids la plus grande quantité de substances nutritives, et, jusqu'à plus ample examen, il est assez naturel de conclure qu'elles exigent, pour se constituer, une forte dose de principes nourriciers.

A ces faits, Mathieu de Dombasle en a opposé d'autres tout aussi bien constatés, tendant à prouver que les plantes tirent autant de nourriture du sol dans le commencement de leur développement qu'à une époque plus avancée. Ainsi, dans le nombre des végétaux regardés comme épuisants au plus haut degré, il en est qui, dans la culture ordinaire, ne donnent jamais de graines : tels sont les choux, le pastel, le tabac. Enfin on assure avoir reconnu que dans les pépinières où l'on élève, pour les repiquer ensuite, de jeunes plants de colza ou de betteraves, le terrain perd rapidement sa fertilité.

Mathieu de Dombasle n'a pas hésité à attribuer le peu d'épuisement occasionné par certaines récoltes vertes à cette circonstance, qu'elles laissent dans la terre des racines très-développées, comparativement à leur masse totale. Dans un travail présenté à l'Académie, j'ai fait voir que la substance végétale produite dans le cours d'une culture ne se retrouve pas entière dans la récolte fauchée; pour le trèfle, la quantité de matière organique qui reste acquise au sol peut s'élever à plus des $\frac{1}{10}$ du poids du fourrage récolté ([1]). On doit donc poser en principe que toute culture appauvrit le fond dans lequel elle croît, mais que l'épuisement, toujours manifeste quand la plante est enlevée en totalité, devient d'autant moins sensible qu'il reste dans le sol une plus forte proportion de résidus.

La faible action épuisante que les végétaux exercent avant la floraison est donc loin d'établir que, durant leur jeunesse, ils prélèvent peu de chose sur le sol. Les faits prouvent tout le contraire, en même temps qu'ils semblent indiquer qu'à cette époque la plante tient déjà en réserve, accumulée dans son organisme, une grande partie de la matière qui, plus tard, concourt à la formation de la semence. On sait, par exemple, que des végétaux arrachés après leur fécondation donnent des graines, cependant, lorsqu'on les entretient dans un état convenable d'humidité. J'ai vu de l'avoine en fleur dont l'extrémité des racines a été plongée dans de l'eau distillée produire des semences bien constituées. Quand un végétal est fécondé, la reproduction de l'espèce est assurée; car, à la rigueur, elle parvient à s'accomplir sous les seules influences météorologiques. A partir de cette phase de la vie végétale, la matière accumulée se porte vers le point où le fruit doit se développer; on voit s'affaiblir graduellement la couleur verte des feuilles; les

([1]) Mémoires sur les résidus des récoltes.

principes sucrés et amylacés, les substances azotées, abandonnent peu à peu les tiges et les racines. Le trèfle, la betterave, après avoir porté des graines, ne peuvent plus être considérés comme fourrage; ces plantes n'offrent plus alors qu'un tissu ligneux et insipide.

Par suite de cette élimination des principes succulents des racines, on comprend qu'une plante mûre ne laissera plus dans la terre qu'une faible partie des résidus utiles qu'elle y aurait laissés avant la maturité. C'est à cette diminution dans la matière organique des débris destinés à rester dans le sol que Mathieu de Dombasle a attribué l'épuisement occasionné par les récoltes; mais, de cette concentration des sucs vers un seul organe, s'ensuit-il nécessairement que, du moment où elle commence à se réaliser, la terre et l'atmosphère n'interviennent plus dans les phénomènes de la végétation, et que tout le travail d'organisation qui s'accomplit depuis la floraison s'opère uniquement avec les matériaux amassés dans les tissus de la plante? C'est là ce que croyait Mathieu de Dombasle. Cependant, après la floraison, les feuilles continuent longtemps encore leurs fonctions aériennes, et l'humidité qu'elles laissent exhaler par la transpiration prouve que les racines n'ont pas cessé de fonctionner. On le voit, à une opinion peu fondée on avait substitué une opinion entièrement contraire, mais qui n'était pas suffisamment justifiée dans toutes ses parties : on prétendait que l'assimilation se réalise surtout pendant la fructification; Mathieu de Dombasle soutint qu'une plante fécondée renferme déjà tous les éléments nécessaires à la maturation, et, comme l'habile agronome ne trouvait plus pour la défense des arguments aussi décisifs que l'étaient ceux qu'il avait employés pour l'attaque, il en appela à l'expérience.

Le 26 juin, le blé étant en fleur, on en marqua quarante pieds bien égaux entre eux. On arracha vingt de ces pieds, laissant les autres en observation. Après avoir nettoyé et

desseche les vingt premiers plants, on trouva qu'ils se composaient de :

Racines	gr. 42.6
Tiges, epis et feuilles	126.2
	168.8

Lors de la moisson, qui eut lieu le 28 août, on enleva du champ les vingt pieds restants; ils donnèrent :

Racines	gr. 27,2
Paille, epis et balle, feuilles	85,7
Grain	66,5
	179,4

En deux mois, les plants n'ont augmenté que de 11 grammes, c'est-à-dire à peu près de la seizième partie de leur poids. Le blé avait donc acquis, depuis la semaille jusqu'à la floraison, les quinze seizièmes de son poids total. On reconnait aussi que, si ce froment eût été fauché lors de la floraison, il aurait rendu à la terre, par ces racines, le quart du poids de la récolte, tandis qu'après la maturité il n'a laissé dans le sol que le septième du poids des gerbes.

Ces recherches, provoquées par un concours ouvert devant la Société d'Agriculture de Lyon, furent jugées dignes d'une récompense. Néanmoins le travail de Mathieu de Dombasle fit peu de sensation dans le monde agricole; il arriva, ce qui n'est pas sans exemple dans les fastes académiques, que le Mémoire fut couronné et oublié.

Cependant les conséquences pratiques de l'expérience que j'ai rapportée sont importantes ; car, s'il est vrai qu'une plante coupée, lorsqu'elle est en fleur, contient déjà, à très-peu près, la totalité de la matière organique, c'est-à-dire autant de substance nutritive qu'elle en renfermera deux ou trois mois après, lors de la maturité, on conçoit que, sous le rapport de la production des fourrages, il deviendrait plus avantageux de faner certaines récoltes vertes

que d'attendre le grain qu'elles pourraient donner plus tard. Ainsi se trouverait justifiée la méthode, recommandée par quelques cultivateurs, de multiplier les semis et les coupes fourragères sur la même sole annuelle, méthode dont le mérite est encore très-douteux aux yeux de bon nombre de praticiens, mais qui, si elle était fondée, aurait l'avantage, toujours si appréciable dans la culture, de produire le plus possible de fourrages dans un intervalle de temps donné. Aussi, laissant de côté l'épuisement du sol, question tout à fait secondaire, je me suis particulièrement attaché à vérifier l'exactitude de l'expérience permettant de tirer les conséquences qui viennent d'être exposées.

J'ai procédé comme Mathieu de Dombasle; mais, pour mettre les résultats complétement à l'abri des erreurs très-graves dépendant de l'imperfection de la dessiccation, j'ai cru devoir analyser les matières enlevées au sol; en effet, l'analyse offre une grande sécurité, parce que, indiquant les quantités absolues de carbone et d'azote, il est indifférent que les substances renfermant ces deux éléments soient pesées à un état plus ou moins sec.

Le 19 mai 1844, j'ai choisi dans un champ de froment une place où la végétation me parût bien uniforme; là j'ai arraché 450 plants, lesquels, débarrassés de la terre adhérente par un lavage et desséchés par une longue exposition à l'air, ont pesé :

Tiges et feuilles	277^{gr},4
Racines	46,0
	323,4

Le 9 juin, époque à laquelle le froment entrait en fleur, j'ai pris à la même place 450 plants; desséchés, ils ont pesé :

Épis en fleur	110^{gr},5
Tiges et feuilles	850,0
Racines	99,5
	1060,0

[illegible]

[illegible] :

[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]
	[illegible]

[illegible] l'accroissement [illegible]

Le [illegible]	[illegible]	[illegible]
Le [illegible]	[illegible]	
Le [illegible]	[illegible]	[illegible]

Depuis la floraison jusqu'à la moisson, l'accroissement de la matière sèche a eu lieu dans le rapport de 100 à 177, c'est-à-dire que, dans cet intervalle, le poids de la plante a presque doublé, résultat bien différent de celui auquel est arrivé Mathieu de Dombasle.

L'analyse de ces récoltes successives a été faite en prenant, pour représenter chacune d'elles, des quantités proportionnelles des divers organes.

Plants pris le 19 mai.

Tiges et feuilles.........	0,515 gr	0,615
Racines...............	0,100	

On a dosé :

Acide carbonique..	0,841 gr	Carbone........	0,2293 gr
Eau.............	0,320	Hydrogène......	0,0395

Le même poids, contenant la même proportion des deux matières, a donné $0^{gr},0105$ d'azote [1].

Par l'incinération, on a retiré 3,7 pour 100 de cendres.

[1] Azote, $9^{cc},2$; température, $16°,2$; baromètre à zéro, $0^{m},747$.

On a, pour la composition des plants arrachés le 19 mai :

Carbone	37,3
Hydrogène	5,8
Azote	1,8
Oxygène	51,4
Matières minérales	3,7
	100,0

Plants pris le 9 juin.

Soumis à l'analyse :

Tiges et feuilles	0gr,460	0,572
Épis en fleur	0,060	
Racines	0,052	

On a dosé :

Acide carbonique	0gr,804	Carbone	0gr,2193
Eau	0,317	Hydrogène	0,0352

1gr,144 du même mélange ont donné 0gr,0102 d'azote (1).

Ces plants ont laissé 2,5 pour 100 de cendres.

Composition.

Carbone	38,3
Hydrogène	6,3
Azote	0,9
Oxygène	52,1
Matières minérales	2,5
	100,0

Plants récoltés le 15 août.

Soumis à l'analyse :

Froment	0gr,360	1,000
Balles	0,082	
Paille	0,493	
Racines	0,065	

(1) Azote, 9cc,5; température, 8 degrés; baromètre à zéro, 0m,7517.

On a dosé :

Acide carbonique..	1,364 gr	Carbone.........	0,372 gr
Eau............	0,672	Hydrogène.......	0,068

1 gramme du mélange a donné 0gr,009 d'azote (1), et 0,040 de cendres.

Composition.

Carbone..........	37,2
Hydrogène.....	6,8
Azote................ ...	0,9
Oxygène.....................	51,1
Matières minérales.............	4,0
	100,0

Résumé de l'expérience.

ÉPOQUE de l'enlèvement des plants.	POIDS des plants secs.	CARBONE.	HYDROGÈNE.	OXYGÈNE.	AZOTE.	SUBSTANCES MINÉRALES.
19 mai..............	gr 323,4	gr 120,5	gr 18,7	gr 166,0	gr 5,8	gr 12,0
9 juin........	1060,0	406,5	66,8	552,3	9,5	26,5
Accroissement.........	736,6	285,5	48,1	386,3	3,7	14,5
15 août....	1880,1	699,4	187,8	960,7	16,9	75,2
Accroissement du 9 juin au 15 août..........	820,1	293,4	121,0	408,4	7,4	48,7

Dans l'intervalle de la floraison à la maturité, le poids des plants a presque doublé; mais la vitesse d'assimilation s'est ralentie.

(1) Azote, 7cc,5; température, 10 degrés; baromètre à zéro, 0m,7515.

	Carbone fixé.	Par jour.
	gr	gr
Du 19 mai au 9 juin = 21 jours.	285,5	13,6
Du 9 juin au 15 août = 56 jours.	293,4	5,2

Ces résultats établissent que le froment, après la floraison, continue à fixer dans son organisme les éléments du sol et de l'atmosphère.

ANALYSES COMPARÉES

DES

ALIMENTS CONSOMMÉS

ET DES

PRODUITS RENDUS PAR UNE VACHE LAITIÈRE,

EXÉCUTÉES POUR RECHERCHER SI LES ANIMAUX HERBIVORES EMPRUNTENT DE L'AZOTE A L'ATMOSPHÈRE.

Tout régime alimentaire doit contenir une certaine proportion de matière azotée. La présence de l'azote dans les végétaux employés comme aliments a fait admettre que les herbivores puisent dans leur nourriture l'azote qui entre dans leur constitution.

Dans le cas le plus ordinaire de l'alimentation, l'individu n'augmente pas son poids moyen : c'est ce qui a lieu toutes les fois qu'un animal adulte est soumis à la *ration d'entretien*. On a constaté, par exemple, qu'un homme régulièrement nourri revient chaque jour, et à la même heure, au poids initial. Les agriculteurs savent très-bien qu'à l'aide d'une proportion convenable de nourriture on donne à un cheval les forces nécessaires au travail que l'on en exige, en évitant ainsi que l'animal augmente en chair.

Il est à peu près certain que, dans cette circonstance, la matière élémentaire des aliments consommés doit se retrouver en totalité dans les déjections, les sécrétions et les produits des organes respiratoires. Ainsi, dans cette conjoncture, l'azote, pas plus qu'aucun des autres élé-

ments, n'est assimilé, si l'on entend par assimilation l'addition des principes introduits par la nourriture aux principes déjà existants dans le système. Mais il y a évidemment assimilation, en ce sens que la matière élémentaire des aliments entre et se fixe dans l'organisme, en s'y modifiant, pour remplacer, pour se substituer à celle qui en est journellement expulsée par les forces vitales.

Durant l'alimentation d'un animal jeune, ou bien lors de l'engrais du bétail, les choses se passent différemment; ici il y a évidemment fixation définitive d'une partie de la matière organique comprise dans la nourriture, puisque, pendant une certaine période, les individus augmentent rapidement en poids et en volume.

En admettant, comme je l'ai fait, qu'un animal soumis à la ration d'entretien rend, dans les différents produits résultant de l'action vitale, une quantité de matière organique précisément égale et semblable à celle qu'il perçoit par ses aliments, j'ai supposé, avec presque tous les physiologistes, que les animaux ne fixent dans leur organisation aucun des principes de l'air qu'ils respirent. S'il en est autrement, la supposition que j'ai faite est décidément erronée, et l'égalité que j'ai admise entre la matière organique qui entre dans le corps d'un animal recevant la ration d'entretien et celle qui en sort ne saurait avoir lieu.

Les recherches des physiologistes s'accordent pour établir que le carbone de l'acide carbonique de l'air n'est point assimilé durant la respiration. On sait, au contraire, que les animaux en versent continuellement dans l'atmosphère; mais les opinions sont loin d'être aussi unanimes sur le rôle de l'azote. Les uns prétendent que les animaux expirent plus de ce gaz qu'ils n'en inspirent; d'autres admettent entre le gaz inspiré et le gaz expiré une égalité parfaite; enfin il en est qui ont conclu de leurs expériences une absorption manifeste d'azote.

La question de savoir si les animaux empruntent directement de l'azote à l'atmosphère ne doit pas être envisagée comme ayant un intérêt purement physiologique; c'est encore, dans mon opinion, une question intéressante de la physique du monde.

L'azote est un élément essentiel à l'existence de tout être vivant, qu'il appartienne d'ailleurs à l'un ou l'autre règne. Si l'on recherche quelle peut être la source de ce principe que l'on rencontre dans les herbivores, on la trouve tout naturellement dans les végétaux consommés comme aliments; si l'on s'enquiert ensuite de l'origine prochaine de l'azote dans les plantes, on la découvre dans les engrais provenant particulièrement de débris animaux; car les plantes, pour prospérer, doivent recevoir par leurs racines une nourriture azotée. On arrive de cette manière à concevoir que ce sont les végétaux qui fournissent l'azote aux animaux, et que ces derniers le restituent au règne végétal, lorsque leur existence est accomplie; on croit reconnaître, en un mot, que la matière organisée vivante tire son azote de la matière organisée morte. Toutefois, il est bon de remarquer que cette dernière conclusion tend à établir que la matière vivante est limitée à la surface du globe, et que sa limite est posée par la quantité d'azote actuellement en circulation dans les êtres organisés; mais la question doit être considérée d'un point de vue plus général, en demandant quelle est l'origine de l'azote qui entre dans la constitution de la matière organique prise dans son ensemble.

Si nous examinons quels sont les gisements de l'azote, nous trouvons, en plaçant en dehors les êtres organisés ou leurs débris, qu'il n'y en a véritablement qu'un seul, et ce gisement, c'est l'atmosphère. Il est donc extrêmement probable que les êtres organisés ont emprunté leur azote à l'atmosphère, comme ils lui ont emprunté le carbone. Cependant les physiologistes, en étudiant les fonctions que

les plantes et les animaux exercent dans le milieu aériforme qui les enveloppe, n'ont pas réussi à constater cet emprunt d'azote; et, pour découvrir que, par une action très-lente, mais suffisamment prolongée, les plantes peuvent prendre de faibles quantités d'azote à l'atmosphère, sans préciser si cet élément vient de l'azote gazeux ou de composés nitrés, de composés ammoniacaux, j'ai dû employer une méthode apportant dans ce genre de recherches une précision que l'on ne peut espérer des procédés manométriques.

Pour arriver à la solution de la question que j'avais en vue, il fallait nécessairement faire porter mes observations sur un animal soumis rigoureusement à la ration d'entretien; car une des conditions exigées était que le poids normal de l'individu ne variât pas sensiblement pendant la durée de l'expérience. J'ai, pour ce motif, choisi de préférence une vache laitière, parce que la sécrétion du lait s'oppose au développement des dispositions que l'animal pourrait avoir à engraisser.

Pour reconnaître si un animal adulte, dont le poids n'augmente pas par le régime, fixe dans son organisation une partie de l'azote qu'il respire avec l'air atmosphérique, il suffit de comparer la quantité et la nature de la matière élémentaire entrée comme aliment avec la quantité et la nature de la matière élémentaire sortie avec les produits, par les voies urinaires, digestives, et par la sécrétion du lait.

Malheureusement, dans l'état actuel de la Chimie physiologique, nous ne possédons aucune des données indispensables pour établir cette comparaison. Nous ignorons encore la composition des aliments et des fourrages les plus usuels; nous n'en savons pas beaucoup plus sur les produits d'origine animale; ceux de la vache, dont nous aurions besoin ici, ont été à peine examinés.

La difficulté d'isoler et de doser les différents principes

Regain de foin. — Le regain a été analysé avant et après le dosage.

1 gramme de regain, desséché à 110 degrés dans le vide sec, a pesé $0^{gr},842$.

1 gramme de regain sec a laissé $0^{gr},100$ de cendres.

Dans le regain sec.

Carbone	47,1
Hydrogène	5,6
Oxygène	34,9
Azote	2,4
Sels et terre	10,0
	100,0

La ration de regain, pesant 7500 grammes, se réduit à 6315 grammes, en la supposant sèche, contenant :

Carbone	2974,4
Hydrogène	353,6
Oxygène	2204,0
Azote	151,5
Sels et terre	631,5
	6315,0

Composition des produits.

Excréments. — Le produit moyen en vingt-quatre heures a été $28^{kg},413$.

On a évalué l'humidité, en desséchant à l'étuve trois échantillons pris dans les excréments recueillis chaque jour.

			Après dessiccation à l'étuve.
	gr		gr
Excréments du 19 au 20 mai.	18,15		2,662
Excréments du 20 au 21 mai.	20,00		3,221
Excréments du 21 au 22 mai.	20,78		2,980
Matière humide	58,93	Mat. sèche.	8,863

1 gramme de matière séchée à l'étuve est devenu, après une dessiccation à 110 degrés dans le vide sec, 0,936. Les 8^{gr},863 se seraient réduits à 8,296. On trouve ainsi que les 28413 grammes d'excréments humides contenaient 4000 grammes de substance sèche.

1 gramme de matière desséchée a laissé 0^{gr},120 de cendres.

Dans l'excrément sec.

Carbone..........	42,8
Hydrogène........	5,2
Oxygène..........	37,7
Azote............	2,3
Sels et terre......	12,0
	100,0

Le 4000 grammes d'excréments secs renfermaient :

Carbone.........	1712,0
Hydrogène.......	208,0
Oxygène.........	1508,0
Azote...........	92,0
Sels et terre......	480,0
	4000,0

Urine. — Le produit moyen en vingt-quatre heures a été de 7^{lit},93 ; la densité étant 1,034, ce volume devait peser 8200 grammes.

595 centimètres cubes, pris proportionnellement aux diverses quantités recueillies chaque jour, ont laissé, après une évaporation au bain-marie, un résidu qui, desséché dans le vide, a pesé 72^{gr},090. Les 7^{lit},93 eussent donné, par conséquent, 960^{gr},8 d'extrait sec.

1 gramme d'extrait d'urine a laissé 0,40 de cendres.

Dans l'urine desséchée.

Carbone.........	27,2
Hydrogène.......	2,6
Oxygène.........	26,4
Azote...........	3,8
Sels............	40,0
	100,0

Les 960^{gr},8 d'extrait d'urine contenaient :

Carbone.........	261,4
Hydrogène.......	25,0
Oxygène.........	253,7
Azote...........	36,5
Sels............	384,2
	960,8

Lait. — La vache a donné 8^{lit},25 de lait en vingt-quatre heures; la densité étant 1,035, ce lait devait peser 8538^{gr},8.

Dans trois expériences, 20 grammes de lait évaporé au bain-marie ont laissé un extrait qui, desséché à 110 degrés dans le vide sec, a pesé de 2^{gr},690 à 2,700, soit 2,695.

Le lait recueilli en vingt-quatre heures devait renfermer 1150^{gr},6 d'extrait sec.

1 gramme d'extrait a laissé 0,0495 de cendres.

Dans le lait desséché.

Carbone.........	54,6
Hydrogène.......	8,6
Oxygène.........	27,9
Azote...........	4,0
Sels et terre......	4,9
	100,0

L'extrait de lait contenait :

Carbone.........	628,2
Hydrogène.......	99,0
Oxygène....	321,0
Azote...........	46,0
Sels et terre......	56,4
	1150,6

Je résume, dans le tableau placé à la fin de ce Mémoire, le résultat des analyses.

En consultant ce tableau, on reconnaît que la quantité de matière organique contenue dans les produits est moindre que celle qui a été introduite par les aliments ; la différence est due à la portion de cette matière qui s'est échappée par la respiration et la transpiration.

L'azote des produits diffère de 27 grammes en moins de l'azote des aliments ; cette différence n'est peut-être pas assez considérable pour que, sur l'autorité d'une seule expérience, on puisse affirmer que la perte soit réellement due à la dissipation de ce principe ; mais le sens de cette différence rend au moins extrêmement probable que l'azote de l'air n'a pas été assimilé pendant l'acte de la respiration : résultat entièrement conforme à celui déjà obtenu par les plus habiles observateurs.

L'oxygène et l'hydrogène, qui manquent dans la somme des produits, n'ont pas disparu exactement dans les proportions voulues pour former de l'eau ; l'hydrogène en excès pèse $19^{gr},8$; il est vraisemblable que cet hydrogène s'est transformé en eau en se brûlant pendant la respiration, aux dépens de l'oxygène de l'air.

La perte en carbone s'élève à $2211^{gr},8$. En négligeant la quantité de ce principe qui a pu s'échapper par la transpiration cutanée, on trouve qu'il a dû se former 7999

[illegible] à zéro [illegible]. Tel se[illegible] en vingt-quatre [illegible] par la vache [illegible] il [illegible]

Les expériences des physiologistes établissent qu'un homme produit en respiration [illegible] litres d'acide carbonique en vingt-quatre heures. A ce compte, une vache [illegible] en produirait [illegible] autant.

Enfin, il paraît qu'en vingt-quatre heures la vache a perdu, par la transpiration pulmonaire et cutanée, près de 33 litres d'eau.

EAU ENTRÉE PAR LA VACHE en vingt-quatre heures		EAU RENDUE PAR LA VACHE en vingt-quatre heures	
	gr		gr
Avec pommes de terre	[illegible]	Avec excréments	[illegible]
Avec le regain	[illegible]	Avec urine	7,239
Directement	[illegible]	Avec lait	7,388
Eau entrée	72,015	Eau sortie	39,0[illegible]
		Eau entrée	72,015
Eau sortie durant la transpiration pulmonaire et cutanée.			32,975

(1) Les calculs ont été faits avec l'ancien équivalent de carbone, ces analyses ayant été faites en 1839 (*Ann. de Chim. et de Phys.*, 2e série, t. LXXI).

ALIMENTS CONSOMMÉS PAR LA VACHE en vingt-quatre heures.								PRODUITS RENDUS PAR LA VACHE en vingt-quatre heures.							
Aliments.	Poids à l'état humid.	Poids à l'état sec.	Carbone	Hydrogène.	Oxygène	Azote.	Sels et terre.	Produits.	Poids à l'état humid.	Poids à l'état sec.	Carbone	Hydrogène.	Oxygène	Azote.	Sels et terre.
Pommes de terre.	15000	470	1839,0	241,9	1830,6	50,0	208,5	Excréments.	28413	4000,0	1712,0	208,0	1508,0	92,0	480,0
Regain..........	7500	6315	2974,4	353,6	2204,0	151,5	631,5	Urine......	8200	960,8	261,4	25,0	253,7	36,5	384,2
Eau............	60000	"	"	"	"	"	50,0	Lait........	8539	1150,6	628,2	99,0	321,0	46,0	56,4
Somme........	82500	10485	4813,4	595,5	4034,6	201,5	889,0	Somme.....	45152	6111,4	2601,6	332,0	2082,7	174,5	920,6
								Report des totaux de la première partie de ce tableau....	82500	10485,0	4813,4	595,5	4034,6	201,5	889,0
								Différence............	37348	4374,6	2211,8	263,5	1951,9	27,0	31,6
								Sens de la différence...	—	—	—	—	—	—	+

ANALYSES COMPARÉES

DES

ALIMENTS CONSOMMÉS

ET DES

PRODUITS RENDUS PAR UN CHEVAL SOUMIS A LA RATION D'ENTRETIEN,

EXÉCUTÉES POUR RECHERCHER SI LES HERBIVORES PRÉLÈVENT DE L'AZOTE SUR L'ATMOSPHÈRE.

Le cheval mis en observation avait été nourri depuis trois mois avec la ration alimentaire donnée pendant la durée du dosage. Dans les trois mois, le poids du cheval n'a pas changé d'une manière appréciable.

Toutes les vingt-quatre heures le cheval recevait :

	kg.
Foin.........	7,500
Avoine.......	2,270

Durant les trois jours que le dosage a duré, le cheval a bu 48 litres d'eau. 1 litre de cette eau a laissé $0^{gr},834$ de résidu.

Les produits recueillis pendant le dosage ont été :

	Excréments.	Urine.	Densité.
	kg.	litr.	
Du 10 au 11 octobre..	14,13	1,50	1,061
Du 11 au 12 octobre..	14,82	0,85	1,067
Du 12 au 13 octobre..	13,80	1,40	1,066

Composition des aliments.

Foin. — Par une dessiccation à 110 degrés dans le vide sec, 1 gramme du foin consommé a perdu, dans une première expérience, $0^{gr},136$ d'eau, et dans une seconde $0^{gr},140$.

1 gramme de foin sec a laissé $0^{gr},090$ de cendres.

Dans le foin sec on a trouvé :

Carbone	45,8
Hydrogène	5,0
Oxygène	38,7
Azote	1,5
Cendres	9,0
	100,0

En vingt-quatre heures le cheval recevait 7^{kg},50 de foin ou 6465 grammes supposé sec, contenant :

Carbone	2961,0
Hydrogène	323,2
Oxygène	2502,0
Azote	97,0
Sels et terre	581,8
	6465,0

Avoine. — 1 gramme d'avoine a perdu 0^{gr},151 d'eau.
1 gramme d'avoine sèche a laissé 0^{gr},0398 de cendres.
Dans l'avoine sèche, trouvé :

Carbone	50,7
Hydrogène	6,4
Oxygène	36,7
Azote	2,2
Cendres	4,0
	100,0

Le cheval consommait par jour 2270 grammes d'avoine, pesant, sèche, 1927 grammes, contenant :

Carbone	977,0
Hydrogène	123,3
Oxygène	707,2
Azote	42,4
Sels et terre	77,1
	1927,0

ANALYSE DES PRODUITS.

Urine recueillie (¹).

	lit	gr	Pris pour l'analyse. cc
Du 10 au 11 octobre...	1,50	1592	200
Du 11 au 12 octobre...	»	907	107
Du 12 au 13 octobre...	»	1492	187
En trois jours..........		3991	494

Ces 494 centimètres cubes ont donné un extrait qui, desséché dans le vide sec, a pesé $65^{gr},10$. Les $3^{lit},75$ d'urine recueillis en trois jours eussent donné $835^{gr},30$ d'extrait sec.

La stalle dans laquelle le cheval était placé pendant l'expérience a été lavée; les eaux de lavage réunies avaient un volume de $3^{lit},75$ et une densité de 1,012.

250 centimètres cubes de cette eau ont donné un extrait d'urine qui, séchée dans le vide sec à 110 degrés, a pesé $4^{gr},626$. Les $3^{lit},75$ eussent donné $69^{gr},390$ d'extrait sec. L'extrait sec obtenu en soixante-douze heures est donc, en totalité, de $704^{gr},7$ ou 301,6 en vingt-quatre heures.

$2^{gr},061$ d'extrait sec d'urine ont laissé 1,011 de cendres.

Si l'on faisait entrer dans le calcul des analyses la cendre trouvée directement, on commettrait une erreur assez grave, portant entièrement sur l'oxygène. En effet, les sels alcalins à acides organiques de l'urine du cheval, comme l'hippurate, fournissent par l'incinération des carbonates alcalins. Le poids de l'acide carbonique du carbonate de potasse est évidemment de trop dans le poids des cendres. Pour le retrancher, j'ai dû doser l'acide carbonique.

$0^{gr},990$ de cendres ont donné 0,256 d'acide. Les $1^{gr},011$ en contenaient par conséquent 0,261. D'après cela, le poids des cendres se réduit à 0,750, ou 36,4 pour 100.

(¹) Une partie de l'urine restait mêlée aux excréments. Le cheval urinait peu.

Toutefois il existe encore une erreur dans cette évaluation des cendres, parce que l'extrait d'urine contient une petite quantité de carbonate ; mais cette erreur, d'ailleurs fort peu importante, n'influe nullement sur le dosage de l'azote.

C'est pour ne pas avoir tenu compte de cette source d'erreurs que j'ai trouvé, dans les expériences sur la vache, un excès considérable de matières salines et terreuses dans les produits. C'est vraisemblablement à la même négligence que Vauquelin doit d'avoir obtenu dans les excréments des poules une quantité de substances terreuses beaucoup plus considérable que celle qui avait été introduite avec les aliments.

Les excréments du cheval peuvent également contenir des sels alcalins à acides organiques, et donner par l'incinération un *excès de cendres;* mais je me suis assuré que l'erreur que l'on peut commettre est de nature à être négligée.

Composition de l'extrait d'urine.

Carbone	36,0
Hydrogène	3,8
Oxygène	11,3
Azote	12,5
Cendres	36,4
	100,0

Les 302 grammes d'extrait sec d'urine, recueillis en vingt-quatre heures, renfermaient :

Carbone	108,7
Hydrogène	11,5
Oxygène	34,1
Azote	37,8
Sels et terre	109,9
	302,0

Excréments. — Chaque jour on a pris pour l'analyse des échantillons proportionnels. 61 grammes d'excréments frais, après une dessiccation complète terminée dans le vide sec à 110 degrés, ont pesé $15^{gr},090$.

Les $14^{kg},25$ d'excréments, produit moyen rendu par le cheval en vingt-quatre heures, eussent pesé secs 3525 grammes.

1 gramme d'excréments secs a laissé 0,163 de cendres.

Composition des excréments du cheval.

Carbone	38,7
Hydrogène	5,1
Oxygène	37,7
Azote	2,2
Cendres	16,3
	100,0

Les 3525 grammes contenaient :

Carbone	1364,2
Hydrogène	179,8
Oxygène	1328,9
Azote	77,6
Sels et terres	574,5
	3525,0

Je résume dans un tableau les résultats précédents. On peut voir que le cheval n'a pas rendu dans les déjections la totalité de l'azote perçu avec les aliments ; le poids de l'azote en moins s'élève à 24 grammes en vingt-quatre heures.

L'oxygène et l'hydrogène qui ont disparu ne sont pas exactement dans les proportions voulues pour faire de l'eau ; on remarque un excès d'hydrogène de 23 grammes.

Le carbone perdu en vingt-quatre heures, et qui a dû s'échapper par la respiration et la transpiration, s'élève à 2465 grammes, quantité qui équivaut à 8915 d'acide carbo-

nique; soit, en volume, 4525 litres sous la pression de $0^m,76$ et à zéro. Tel serait, d'après l'analyse élémentaire, le volume d'acide carbonique produit par un cheval en vingt-quatre heures. Pour une vache laitière, l'analyse a indiqué pour ce volume, sous les mêmes conditions et dans le même temps, 4040 litres.

Les recherches faites sur la vache et le cheval établissent donc que l'azote de l'air n'est point assimilé pendant l'acte de la respiration des herbivores, résultats entièrement conformes à ceux obtenus par Dulong.

EAU REÇUE PAR LE CHEVAL en vingt-quatre heures.		EAU RENDUE PAR LE CHEVAL en vingt-quatre heures	
Avec le foin.........	1035 gr	Avec l'urine.........	1028 gr
Avec l'avoine........	448	Avec les excréments..	10726
Directement.........	16000		
Somme............	17378	Somme.............	11753
Total de l'eau reçue par le cheval en vingt-quatre heures.			17378
Eau sortie par la transpiration pulmonaire et cutanée....			5625

ALIMENTS CONSOMMÉS PAR LE CHEVAL en vingt-quatre heures.								PRODUITS RENDUS PAR LE CHEVAL en vingt-quatre heures.							
Aliments	Poids à l'état humid.	Poids à l'état sec.	Carbone	Hydrogène.	Oxygène	Azote.	Sels et terre	Produits.	Poids à l'état humid	Poids à l'état sec.	Carbone	Hydrogène.	Oxygène	Azote.	Sels et terre.
Foin...........	7500	6465	2961,0	223,2	2502,0	97,0	581,8	Urine......	1330	302	108,7	11,5	34,1	37,8	109,9
Avoine.........	2270	1927	977,0	123,3	707,2	42,4	77,1	Excréments.	14250	3525	1364,2	179,8	1328,9	77,6	574,6
Eau...........	16000	"	"	"	"	"	13,3	"	"	"	"	"	"	"	"
Somme.........	25770	8392	3938,0	446,5	3209,2	139,4	672,2	Somme.....	15580	3827	1472,9	191,3	1363,0	115,4	684,5
Report des totaux de la première partie de ce tableau....									25770	8392	3938,0	446,5	3209,2	139,4	672,2
Différence............									10190	4565	2465,1	255,2	1846,2	24,0	12,3
Sens de la différence...									—	—	—	—	—	—	+

ANALYSES COMPARÉES
DE
L'ALIMENT CONSOMMÉ
ET DES
EXCRÉMENTS RENDUS PAR UNE TOURTERELLE,
FAITES EN VUE DE RECHERCHER S'IL Y A EXHALATION D'AZOTE PENDANT LA RESPIRATION DES GRANIVORES.

§ I. — Ces recherches ont été faites pour constater si les granivores émettent, pendant l'acte de la respiration, de l'azote provenant de leur organisme; en d'autres termes, on s'est proposé d'examiner si un oiseau adulte, nourri d'une manière régulière et dont le poids n'augmente pas, rend dans ses déjections la totalité de l'azote qui faisait partie des aliments qu'il a consommés.

L'émission d'azote est assez généralement admise aujourd'hui, par suite des expériences de Dulong et de Despretz. Les expériences précédentes semblent conduire à la même conclusion, bien qu'elles aient été spécialement entreprises pour rechercher s'il y avait de l'azote de l'air assimilé. J'ai cru devoir étudier de nouveau la question, en faisant porter mes recherches, non plus sur de grands herbivores, mais sur un oiseau qui, par son peu de volume et la nature de ses déjections, permettait d'arriver à une plus grande précision. La tourterelle soumise à l'observation était, depuis longtemps, nourrie uniquement avec du millet; elle fut mise dans une cage dont le fond, recouvert par une plaque de verre, laissait recueillir sans aucune perte les excréments. Le millet donné comme nourriture était contenu dans un vase de porcelaine un peu profond, ayant une

capacité sensiblement conique, la petite base du cône formant l'orifice de la mangeoire; à l'aide de cette disposition, la tourterelle n'a pas laissé tomber un seul grain de millet dans la cage.

Dès le commencement des expériences, le millet destiné à l'alimentation a été conservé dans un flacon bouché, afin que, pendant toute leur durée, la proportion d'humidité qu'il contenait restât constamment la même. Chaque jour, à la même heure, on pesait une certaine quantité de graine que l'on mettait dans la mangeoire, après avoir enlevé et pesé celle qui restait de la ration donnée la veille. On connaissait ainsi, avec exactitude, le millet consommé en vingt-quatre heures, et, bien que la nourriture ait été de la sorte donnée à discrétion, la tourterelle s'est rationnée elle-même avec assez de régularité.

Les excréments étaient recueillis tous les jours, au moment où l'on donnait la ration de millet; ils ont constamment offert la même apparence, la même forme sphéroïdale; à cause de leur consistance on les enlevait avec facilité: à la fin d'une expérience, on détachait de la plaque de verre recouvrant le plancher de la cage les quelques parcelles de matières restées adhérentes. Les excréments rendus dans les vingt-quatre heures ont d'abord été pesés humides; immédiatement après la pesée, on les desséchait dans une étuve chauffée à 40 ou 50 degrés. On s'est astreint à dessécher à cette basse température, dans la crainte, probablement exagérée, de dissiper quelques principes volatils azotés. La température de la chambre dans laquelle séjournait la tourterelle ne dépassa jamais 10 à 11 degrés; de sorte que les déjections, avant de passer à l'étuve, se trouvaient à l'abri de toute fermentation pouvant donner lieu à des vapeurs ammoniacales.

Les expériences ont été divisées en deux séries : la première série comprend cinq jours d'observations: la seconde, sept jours.

§ II. — PREMIÈRE SÉRIE. *Cinq jours d'observations.*

ÉPOQUES.	EN VINGT-QUATRE HEURES.		POIDS de LA TOURTERELLE.
	Millet consommé.	Excrém. humides recueillis.	
	gr	gr	gr
Premier jour......	15,45	7,19	187,90
Deuxième jour.....	15,53	7,11	"
Troisième jour.....	16,94	8,04	"
Quatrième jour....	14,55	7,54	"
Cinquième jour....	14,17	7,42	186,27
En cinq jours......	76,64	37,30	

Analyse du millet consommé dans les deux expériences.

Dessiccation. — $1^{gr},871$ ont perdu à la température de 130 à 135 degrés, après un séjour dans le vide sec, 0,263 d'eau. Eau pour 100 = 14,0.

Les $76^{gr},64$ de millet mangé par la tourterelle dans cette première série contenaient réellement 65,91 de millet sec.

Cendres. — $2^{gr},880$ de millet normal = 2,477 de millet sec ont laissé 0,064 de cendres très-blanches et fortement calcinées : on a ainsi, pour 100, dans le millet normal, 2,22 de cendres; dans le millet sec, 2,58.

Azote.

	Millet normal.	Millet sec.	Azote.	Température.	Baromètre à zéro.	Azote en poids.	Azote dans 100 de millet sec.	
	gr	gr	cc	o	m	gr		
I....	0,775	0,6665	17,8	11,0	0,7693(¹)	0,0215	3,20	3,30
II...	0,7795	0,6704	19,1	13,5	0,7642	0,0226	3,40	

(¹) Corrigé pour la tension, le gaz ayant été mesuré sur l'eau.

	Pression.
	m
I....................	0,7595
II...................	0,7527

Carbone et hydrogène.

	Millet normal.	Millet sec.	Eau contenue.	Acide carbonique.	Eau dosée (1).	Dans 100 de millet sec. Carbone.	Hydrogène.
	gr	gr	gr	gr	gr		
I...	0,567	0,4876	0,0794	0,822	0,357	45,97	6,29
II...	0,636	0,5470	0,0890	0,930	0,399	46,17	6,30
					Moyenne.....	46,07	6,295

Composition, à l'état sec, du millet consommé.

Carbone.............	46,07
Hydrogène...........	6,29
Azote...............	3,30
Oxygène.............	41,76
Matières salines........	2,58
	100,00

Analyse des excréments.

Première dessiccation. — Les $37^{gr},30$ d'excréments humides pesaient à la sortie de l'étuve 16,220; la matière sèche a été broyée, introduite dans un flacon et mélangée intimement; c'est à cet état qu'elle a été analysée.

Deuxième dessiccation. — $2^{gr},257$ de la poudre précédente, après une dessiccation prolongée dans le vide sec et à la température de 130 à 135 degrés, se sont réduits à 2,093 = eau 0,164; pour 100, eau 7,27. Les $37^{gr},30$ d'excréments humides représentent par conséquent $15^{gr},04$ d'excréments complétement desséchés.

Cendres. — $1^{gr},440$ de matière desséchée à l'étuve, répondant à $1^{gr},3365$ d'excréments entièrement secs, ont laissé $0^{gr},158$ de cendres très-blanches fortement calcinées. Pour 100 d'excréments secs, cendres 11,80.

---

(1) L'*eau dosée* renferme nécessairement l'*eau contenue*. Pour calculer l'hydrogène du millet *sec*, on a retranché la première de la seconde.

Azote. — $0^{gr},4775$ de matière séchée à l'étuve $= 0,4428$ de matière sèche ont donné :

Azote $34^{cc},1$; température, 13 degrés ; baromètre à zéro, $0^{m},7692$ = azote en poids, $0^{gr},04092$ [1].

Azote pour 100, dans les excréments séchés à l'étuve, 8,57 ; dans les excréments séchés à 135 degrés, 9,24.

Carbone et hydrogène.

I..	Matière séchée à l'étuve.	0,605	Ac. carbon.	0,812	Eau dosée.	0,292
II..	Id.	0,600	Id.	0,812	Id.	0,310
		1,205		1,624		0,602
	Humidité contenue......	0,088				0,088
	Excréments secs.........	1,117	Eau dosant l'hydrogène....			0,514

On a pour la composition des excréments secs :

Carbone...	39,65
Hydrogène............	5,11
Azote................	9,24
Oxygène..............	34,20
Matières salines.........	11,80
	100,00

(1) Pression $0^{m},758$.

§ III. — Deuxième série. *Sept jours d'observations.*

Époques.	En vingt-quatre heures.		Poids de la tourterelle.
	Millet consommé.	Excrem. humides recueillis.	
	gr	gr	gr
Premier jour......	17,74	8,26	186,97
Deuxième jour.....	15,31	9,05	186,17
Troisième jour.....	17,02	10,37	"
Quatrième jour....	16,82	8,14	"
Cinquième jour....	17,54	9,07	187,27
Sixième jour......	15,78	8,05	"
Septième jour......	17,41	9,45	185,47
En sept jours......	117,62	62,99	

Analyse des excréments.

Première dessiccation.— Les 62gr,99 d'excréments humides ont pesé, après la dessiccation à l'étuve, 26gr, 176.

Deuxième dessiccation. — 2gr,738 de matière sortant de l'étuve, mis dans le vide sec, à la température de 130 à 135 degrés, se sont réduits à 2gr,517 = eau 0gr,221, pour 100, 8,10. Les 62gr,99 d'excréments humides contenaient alors 24gr,056 de matières sèches.

Cendres. — 2gr,883 d'excréments séchés à l'étuve = 2gr,6495 de matière séchée dans le vide ont laissé 0gr,284 de cendres parfaitement blanches; pour 100, cendres, 10,72.

Azote. — 0gr,4755 de matière séchée à l'étuve = 0,437 de fiente sèche ont donné :

Azote, 33 centimètres cubes; température, 13°,2; baromètre à zéro, 0m,7667 = azote en poids 0gr,03984 = azote dans 100 d'excréments secs, 9,12 [1].

[1] Pression 0m,7554.

Carbone et hydrogène.

Matière séchée à l'étuve..	0,610 gr	Acide carbon.	0,835 gr	Eau.	0,302 gr
Eau contenue...........	0,0495				0,0495
Matière sèche...........	0,5605			Eau dosant l'hydrogène..	0,2525

Composition des excréments secs de la deuxième série.

Carbone.........	40,63
Hydrogène.......	5,00
Oxygène.........	9,12
Azote....	34,53
Matières salines....	10,72
	100,00

Le résumé des deux expériences se trouve consigné dans le tableau suivant :

Aliments consommés et excréments rendus par une tourterelle, pendant cinq jours. — 1re expérience.

	POIDS à l'état norm.	POIDS à l'état sec.	EAU contenue	PRINCIPES CONTENUS DANS L'ALIMENT ET DANS L'EXCRÉMENT — Carbone	Hydrogène	Oxygène	Azote	Matières salines	POIDS DE LA TOURTERELLE avant et après l'expérience
	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr
Millet consommé	76,64	65,91	10,73	30,37	4,15	27,52	2,17	1,70	Au commencem. 187,00
Excréments rendus....	37,30	15,04	22,26	5,96	0,77	5,15	1,39	1,77	A la fin . 186,[illegible]
Principes éliminés en cinq jours..................				24,41	3,38	22,37	0,78	"	

Aliments consommés et excréments rendus par une tourterelle, pendant sept jours. — 2e expérience.

	POIDS à l'état norm.	POIDS à l'état sec.	EAU contenue.	PRINCIPES CONTENUS DANS L'ALIMENT ET DANS L'EXCRÉMENT — Carbone	Hydrogène	Oxygène	Azote	Matières salines	POIDS DE LA TOURTERELLE avant et après l'expérience
	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr
Millet consommé	117,62	101,15	16,47	46,60	6,36	41,24	3,34	2,61	Au commencem. 186,70
Excréments rendus....	62,99	24,056	38,934	9,77	1,20	8,31	2,20	2,58	A la fin . 185,47
Principes éliminés en sept jours..................				36,83	5,16	33,93	1,14	"	
Principes éliminés en douze jours..................				61,24	8,54	56,30	1,91	"	
Principes éliminés en vingt-quatre heures..........				C 5,10	H 0,71	O 4,69	Az 0,16	"	
Carbone brûlé dans une heure..................				0,212	"	"	"	"	

En prenant la moyenne, on trouve qu'une tourterelle pesant environ 187 grammes brûle, en respirant, pendant vingt-quatre heures, $5^{gr},10$ de carbone; elle émet, en conséquence, dans le même espace de temps, $18^{gr},70$ d'acide carbonique et $0^{gr},16$ d'azote; soit en volume : acide carbonique, $9^{lit},441$; azote, $0^{lit},126$. D'où il résulte que l'azote exhalé provenant de l'organisme est à peu près le centième en volume de l'acide carbonique produit, résultat conforme, quant au fait de l'exhalation de l'azote, à celui obtenu par Dulong et par Despretz, mais qui en diffère notablement sous le rapport quantitatif, en ce que l'azote exhalé, si on le compare au gaz acide carbonique, est en proportion beaucoup plus faible que dans les expériences de ces physiciens. Néanmoins, toute minime que soit cette quantité d'azote, elle constitue cependant le tiers de celle qui entre dans la ration alimentaire de la tourterelle; dans la condition de nourriture où se trouvait placé ce granivore, les déjections ne renfermaient plus que les deux tiers de l'azote qui préexistait dans le millet consommé.

Ainsi, indépendamment des modifications que les aliments, ou plutôt le sang qui en dérive, subissent pendant la combustion respiratoire, on peut concevoir qu'une partie des principes azotés de l'organisme éprouve une combustion complète, de manière à donner lieu à de l'acide carbonique, à de l'eau et à de l'azote; à moins de supposer que, sous certaines influences, l'azote des composés quaternaires peut être éliminé en partie, en donnant naissance, par cette élimination, à des composés ternaires; ou bien encore qu'une partie de l'azote disparu soit entrée dans l'organisme de l'animal, malgré la faible diminution de poids accusée par la balance.

En consultant le tableau qui résume les deux expériences, on s'aperçoit que l'hydrogène et l'oxygène éliminés ne sont pas dans le rapport voulu pour constituer l'eau. En effet, l'oxygène dissipé dans un jour, étant $4^{gr},69$, exigerait

$0^{gr},586$ d'hydrogène; par conséquent, l'hydrogène excédant, qui est brûlé comme l'est le carbone par le concours de l'oxygène de l'air, est alors $0^{gr},12$.

En considérant la respiration comme un phénomène de combustion, les données précédentes indiqueraient qu'une tourterelle du poids de 187 grammes, respirant librement dans une atmosphère à 8 ou 10 degrés centigrades, où elle brûle en vingt-quatre heures $5^{gr},1$ de carbone et 0,12 d'hydrogène, peut dégager assez de chaleur pour entretenir sa masse à une température à peu près constante de 41 à 42 degrés, tout en volatilisant l'eau qui sort par la transpiration pulmonaire et cutanée, eau dont la quantité, comme on va le voir, s'élève à plus de 3 grammes.

Dans une première expérience, la tourterelle soumise au régime du millet a bu, en deux jours..	$12^{gr},80$ d'eau distillée.
Dans une autre expérience	$12^{gr},70$ »
En quatre jours......	$25^{gr},50$; par jour 6,378.

Il est possible, maintenant, d'estimer approximativement la quantité d'eau que l'animal perdait par la transpiration :

	gr
En douze jours, la tourterelle a pris, avec les $194^{gr},26$ de millet consommé, eau	27,30
Eau bue directement	76,50
Eau entree	103,80
Eau contenue dans les $100^{gr},29$ d'excréments humides..........	71,19
Difference ou eau sortie par la transpiration pulmonaire et cutanée.	32,71
Par jour.	2,73
Eau formée dans un jour par les $0^{gr},12$ d'hydrogène excédant ..	1,08
Eau totale éliminée en vingt-quatre heures par la transpiration..	3,81

On n'a pas retrouvé dans les déjections rendues par la tourterelle tout l'azote contenu dans l'aliment consommé. Le résultat analogue obtenu dans les expériences faites sur des herbivores, s'il établit la non-assimilation de l'azote de l'atmosphère, peut laisser des doutes sur le fait de l'exhalation, à cause du poids considérable des matières dont

il fallait apprécier la constitution. Effectivement, les erreurs d'analyse étaient multipliées par de grands nombres. Il n'en est plus ainsi dans les observations sur le granivore. Cherchons, par exemple, en admettant qu'il devait y avoir égalité entre l'azote de l'aliment et l'azote des excréments, l'erreur d'analyse qu'il fallait commettre pour arriver aux différences que nous avons constatées. Admettons d'abord que le dosage de l'aliment soit incorrect.

Dans l'expérience II, les $24^{gr},056$ d'excréments secs recueillis en sept jours renfermaient $2^{gr},20$ d'azote.

Les $101^{gr},15$ de millet consommés, pour que l'égalité existât, devaient en contenir aussi $2^{gr},20$, soit, pour 100, 2,18 au lieu de 3,30, ce qui revient à dire que les $0^{gr},670$ de graine sèche auraient dû fournir, par la combustion, $11^{cc},8$ de gaz azote, au lieu de 18 centimètres cubes que l'on a mesurés. Une erreur de cet ordre n'est pas admissible.

Si l'on suppose maintenant que le dosage des excréments soit erroné, pour qu'il y ait égalité, il faudrait que les $24^{gr},056$ de déjections sèches continssent, comme le millet sec, $3^{gr},34$ d'azote ou 13,9 pour 100 au lieu de 9,12. Les $0^{gr},437$ de déjections sèches que l'on a brûlées devaient donner 48 centimètres cubes de gaz azote, au lieu de $31^{cc},3$ que l'on a recueillis. Ici encore une erreur de cette nature est impossible.

On n'a donc pas retrouvé dans les déjections l'azote constitutif de l'aliment. On a vu que, l'azote manquant, l'azote exhalé par la tourterelle a été, en volume, environ le centième du gaz acide carbonique expiré pendant la respiration.

Dans leurs belles recherches sur la respiration, MM. Regnault et Reiset, par huit expériences faites sur des poules, ont trouvé que le rapport entre le poids de l'oxygène consommé et celui de l'azote exhalé était, en moyenne, de 0,0085.

L'oxygène consommé représentant à très-peu près, en volume, l'acide carbonique formé, on aurait 0,0086 pour le rapport entre le volume de l'acide carbonique produit et celui de l'azote exhalé. Cinq expériences faites sur de petits oiseaux, verdiers, becs-croisés et moineaux, ont donné pour rapport, entre le poids de l'oxygène consommé et le poids de l'azote exhalé, 0,011 ([1]).

Dans de nouvelles observations sur la respiration des animaux d'une ferme, faites récemment par M. Reiset, en suivant la méthode directe adoptée dans les recherches qu'il avait exécutées en commun avec M. Regnault, le rapport entre le poids de l'azote exhalé et celui de l'oxygène consommé a été :

Pour	deux dindons pesant	12^kg,25 ...	0,0085
»	quatre oies »	18^kg,20....	0,0066 ([2])

§ IV. — *Observations sur la quantité d'acide carbonique formée pendant la respiration de la tourterelle.*

Les résultats obtenus par la méthode indirecte ont été contrôlés en faisant respirer une tourterelle sous une cloche, où l'air, sans cesse renouvelé, laissait dans un appareil absorbant l'acide carbonique dont il était chargé.

Je rapporterai maintenant les résultats obtenus avec la tourterelle, objet des observations précédentes; elle était au même régime ([3]).

([1]) Regnault et Reiset, *Annales de Chimie et de Physique*, 3e sér., t. LXVI.

([2]) Reiset, *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, t. LVI, p. 746.

([3]) Boussingault, *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. XI, p. 433.

DURÉE de l'expérience.	ACIDE carboniq dosé.	ACIDE carboniq. produit en 1 heure.	CARBONE brûlé dans 1 heure	REMARQUES.	ÉPOQUES de LA JOURNÉE.
h m	gr	gr	gr		h m h m
5.13	4,579	0,854	0,223	Jour.	De 11.12 à 4.25
6.43	7,611	1,133	0,309	Jour.	De 7.48 à 2.31
6. 0	5,100	0,850	0,232	Jour.	De 10.55 à 4.55
3.26	1,844	0,537	0,147	Nuit.	De 6.13 à 9.39
5.14	3,197	0,651	0,177	Nuit.	De 5.39 à 10.53 (1)

Ce que l'on regarde à la première inspection du tableau, c'est la différence considérable qui existe entre les quantités d'acide carbonique exhalé durant le jour et durant la nuit. On a déjà observé une différence dans le même sens, en étudiant la respiration de l'homme. Dans la seconde expérience, la tourterelle a produit, le jour, dans le même temps, beaucoup plus d'acide carbonique. Les deux expériences exécutées dans la nuit ont donné d'ailleurs, pour le carbone brûlé dans une heure, des nombres assez discordants. La

(1) On a fait, depuis, sur deux autres tourterelles quelques expériences dont voici les résultats :

SEXE ET POIDS de L'ANIMAL.	DURÉE de l'expérience.	ACIDE carbonique dosé.	ACIDE carb. produit en 1 heure	CARBONE brûlé en 1 heure	REMARQUES.	ÉPOQUES de LA JOURNÉE.
	h m s	gr	gr	gr		h m s h m s
Tourterelle mâle pesant 185 grammes.	1.42.00	1,318	0,865	0,236	Jour.	De 4.30. 0 à 6.12. 0
	1.42.00	1,484	0,874	0,238	Jour.	De 2.31. 0 à 4.13. 0
Tourterelle femelle du poids de 133 grammes.	1.32.30	1,078	0,773	0,211	Jour.	De 11.44. 0 à 1.16.30
	1.24.00	1,041	0,728	0,198	Jour.	De 2. 5. 0 à 3.29. 0
	1.30.30	0,760	0,591	0,161	Nuit.	De 8.22. 0 à 9.52.30
	1.47.30	0,860	0,478	0,130	Nuit.	De 8. 1.30 à 9.49. 0

respiration paraît donc assez irrégulière, et il est vraisemblable qu'en déduisant d'une observation de courte durée l'acide carbonique qu'un individu exhale dans un jour, on aurait un résultat peu exact. La grande différence entre les produits de la respiration pendant l'état de veille, ou durant le sommeil d'un animal, explique cette irrégularité: car dans le jour, surtout chez les animaux confinés dans un appareil, il survient souvent un état voisin de l'assoupissement, auquel succède quelquefois une extrême agitation.

Les analyses de la nourriture et des déjections ont donné, pour le carbone brûlé dans une heure par la tourterelle :

	gr
La première expérience....	0,203
La seconde..............	0,219
Moyenne......	0,211

En prenant la moyenne des observations directes consignées dans le tableau ci-dessus et en supposant pour le jour entier douze heures de veille et douze heures de sommeil, ce qui était à peu près le cas à l'époque où les expériences ont été faites, on a :

	gr
Carbone brûlé dans le jour..........	0,255
Carbone brûlé dans la nuit...........	0,162
Carbone brûlé en une heure (moyenne).	0,208

§ V. — *Observations sur la respiration de la tourterelle mise à l'inanition.*

Un animal privé de nourriture éprouve chaque jour dans son poids une perte assez régulière, jusqu'à ce qu'il meure d'inanition. Les substances à composition ternaire, comme le sucre, la graisse, qui concourent évidemment à la nutrition quand elles sont associées à un principe azoté nourrissant, deviennent insuffisantes comme aliment unique; leur effet se réduit alors à prolonger l'existence de

l'individu qui les consomme. Sous ce rapport, le rôle de ces substances non azotées est analogue à celui des corps gras fixés dans les tissus. On sait, en effet, que les animaux chargés de graisse résistent plus longtemps à une privation absolue de nourriture; et, après leur mort, on peut constater la disparition presque totale de la graisse. Un animal doué d'un certain embonpoint, quand il a succombé d'inanition par suite d'un régime au sucre, peut présenter un cadavre notablement plus gras que si le même animal avait été soumis à une abstinence rigoureuse; dans cette circonstance, le sucre ingéré ménage, en quelque sorte, la matière grasse tenue en réserve dans l'organisme, mais sans empêcher que la plus grande partie en soit détruite; et des expériences faites sur des tourterelles, par M. Letellier, montrent que le beurre, administré seul comme aliment, agit à peu près comme le sucre. La graisse ingérée ne s'assimile plus quand il n'entre pas dans le régime un principe azoté nutritif. Alors le sang brûlé par la respiration n'est plus régénéré par l'alimentation, il y a destruction des tissus propres à loger les globules, et l'énergie vitale indispensable à l'assimilation décroît avec rapidité.

Les modifications des principes azotés du sang en urée, en acide urique, en bile, etc., sont, sans aucun doute, tout aussi nécessaires à la vie que la combustion du carbone et de l'hydrogène qui produit la chaleur animale. Ces modifications sont peut-être la conséquence de cette combustion, elles ne cessent pas pendant l'inanition; seulement elles sont moins intenses, comme le deviennent d'ailleurs les phénomènes de la respiration. J'ai donc cru qu'il pouvait être intéressant de déterminer la proportion d'acide carbonique exhalé et la composition des déjections fournies pendant l'inanition; et, afin de pouvoir comparer les résultats avec ceux obtenus sur un animal suffisamment nourri, j'ai mis en expérience la tourterelle qui avait été le sujet des recherches précédentes. La température de la pièce

dans laquelle la cage était placée a varié de 7 à 12 degrés. La tourterelle avait de l'eau distillée à discrétion, mais en sept jours elle n'en a bu qu'une quantité insignifiante. Voici le tableau des pertes de poids éprouvées pendant l'inanition :

DATES DES PESÉES.	POIDS de la tourterelle.	PERTE en 24 heures.	REMARQUES.
15 février à 4 h. du soir.	gr 168,8		La tourterelle avait été nourrie au millet.
17 février à midi	170,7	gr 7,20	A l'inanition depuis quarante-quatre heures.
18 février à midi.......	163,5	7,40	
19 février à midi.......	156,1	7,50	
20 février à midi.......	148,6	8,10	
21 février à midi.......	140,5	6,70	
22 février à midi......	133,8	"	
22 février à 4 h. du soir.	132,9		
Perte en sept jours.....	53,9	"	
Par jour...............	7,7		

La tourterelle, au commencement de l'expérience, était grasse et vigoureuse; elle aurait très-probablement supporté encore plusieurs jours d'abstinence avant de mourir, quoique déjà, au bout des sept jours, elle eût maigri considérablement. Cependant elle se tenait toujours perchée, mais elle était dans un état de torpeur dont elle ne sortait qu'à de rares intervalles.

On trouvera dans le tableau suivant les quantités d'acide carbonique fournies par la tourterelle durant l'inanition :

DURÉE de l'expérience.	TEMPÉRATURE de la cloche avant.	TEMPÉRATURE de la cloche après.	ACIDE carbonique dosé.	CARBONE brûlé dans 1 heure.	REMARQUES.	ÉPOQUES de la journée.
h m	o	o	gr	gr		h m h m
3,44	15,4	16,2	3,172	0,213	Avait mangé.	De 11.58 à 3.42 Jour.
5. 0	14,0	14,0	2,095	0,114	Privée de nourriture depuis 24 h.	De midi à 5. 0 Jour.
3, 1	14,0	12,8	1,368	0,124	4e jour d'inanition	De 12.57 à 3.58 Jour.
3,17	14,0	13,8	1,767	0,113	5e jour d'inanition	De 12.20 à 3.37 Jour.
3.28	14,0	13,0	0,910	0,072	6e jour d'inanition	De 6.03 à 9.31 Nuit (1).

La moyenne des trois premières observations faites pendant l'inanition indique 0gr,117 pour le carbone brûlé dans une heure. Une circonstance assez remarquable, qu'on pouvait d'ailleurs prévoir par suite de la régularité des pertes diurnes, c'est que l'animal a exhalé, à toutes les

(1) Voici de nouvelles observations sur une autre tourterelle mise aussi à l'inanition :

SEXE et poids de l'animal.	DURÉE de l'expérience.	TEMPÉRATURE de la cloche.	ACIDE carbonique dosé.	ACIDE carbonique prod. en 1 h.	CARBONE brûlé en 1 h.	REMARQUES.	ÉPOQUES de la journée.
	h m s	o	gr	gr	gr		h m s h m s
Tourterelle mâle du poids de 176 gr.	1.42. 0	18,0	0,710	0,419	0,114	Après deux jours d'inanition.	De 12. 7. 0 à 1.49. 0 J.
	1.40. 0	17,5	0,706	0,445	0,121	Apr. quatre jours d'inanition.	De 12.58. 0 à 2.38. 0 J.
	1.44. 0	17,0	0,606	0,349	0,095	Apr. onze heures seulem. d'inan.	De 8.58. 0 à 10.42. 0 N.
	1.43. 0	18,5	0,470	0,268	0,073	Après trente-six heur. d'inanit.	De 8. 5. 0 à 9.48. 0 N.
	2. 0. 0	18,0	0,451	0,237	0,065	Après deux jours et demi.	De 8.35. 0 à 10.35. 0 N.
	1.44.30	17,0	0,473	0,281	0,077	Après trois jours et demi.	De 8.28.30 à 10.13. 0 N.
	1.28 30	16,5	0,409	0,282	0,077	Apr. quatre jours et demi.	De 8.29. 0 à 9.57.30 N.

époques de l'expérience, sensiblement la même quantité d'acide carbonique dans un temps déterminé. La tourterelle soumise à l'inanition a produit, durant le sommeil, moins d'acide que pendant l'état de veille, comme cela a eu lieu lorsqu'elle recevait une alimentation abondante. En admettant l'égalité dans la durée du jour et la durée de la nuit, le carbone brûlé en vingt-quatre heures s'élèverait à $2^{gr},280$. La quantité de carbone brûlé par la tourterelle nourrie avec du millet a été, dans le même temps, de $5^{gr},1$.

Il était assez curieux de déterminer la rapidité avec laquelle la tourterelle *inanitiée* tendrait à revenir à son poids initial; en conséquence, immédiatement après la dernière pesée exécutée pendant l'inanition, on a donné 20 grammes de millet qui ont été mangés en 13 minutes. La tourterelle a bu abondamment. Le lendemain elle a mis une heure pour consommer la même dose de graines; les jours suivants, le repas a eu lieu comme dans les circonstances ordinaires. Voici, au reste, quel a été l'accroissement du poids de la tourterelle remise au régime du millet après sept jours d'inanition :

DATES DES PESÉES.	POIDS.	MILLET consommé entre les deux pesées.	AUGMENTATION du poids entre les pesées.	AUGMENTATION du poids en 24 heures.	REMARQUES.
22 févr. 4 h. du soir.	gr 132,9				Après sept jours d'inanition.
23 févr. 4 h. du soir.	149,7	gr 20,0	gr 16,8	gr 16,8	
24 févr. 4 h. du soir.	168,8	20,0	19,8	19,8	
27 févr. 4 h. du soir.	166,3	65,0	2,5 perte	—0,83	
29 févr. 4 h. du soir.	168,3	60,0	2,0	1,0	
Gain en sept jours.	35,4				
Cain par jour.....	5,06				

Ainsi, dans les deux premiers jours d'alimentation, l'augmentation de poids a été considérable, mais il y a eu subitement un temps d'arrêt. Après sept jours d'une nourriture abondante, la tourterelle avait retrouvé toute sa vivacité; cependant elle était restée maigre, elle n'avait pas récupéré à beaucoup près le poids qu'elle avait perdu. Ces faits s'expliquent, je crois, tout naturellement. En effet, la perte durant l'inanition a été la conséquence de la combustion du sang et de celle de la graisse accumulée dans l'organisme de la tourterelle; nous avons vu que cette perte s'est élevée à 53^{gr},9. Dès la première période de l'alimentation, le gain en poids vivant a été de 35^{gr},4. L'animal n'a repris en sept jours qu'à peu près les deux tiers de ce qu'il avait perdu. L'augmentation de poids vivant, si rapide dans cette circonstance, est due vraisemblablement au sang régénéré par l'aliment et la boisson. Le millet consommé contenait, et au delà, tous les éléments de cette régénération; mais ce qu'il ne contenait pas, ce qu'il n'a pu, par conséquent, restituer à l'organisme, c'est la totalité de la graisse détruite par l'inanition. Aussi la tourterelle n'a pas recouvré son embonpoint; moins de sept jours d'un régime abondant ont suffi pour la remettre en chair, mais nullement pour l'engraisser, pour la ramener à la condition de gras où elle était au commencement de l'expérience. La raison en est facile à saisir. Le millet, d'après une analyse faite dans mon laboratoire, contient, dans l'état où il a été consommé, 3 pour 100 d'une matière grasse solide, très-fusible, d'un blanc légèrement jaunâtre. Les 165 grammes de millet ingérés en sept jours n'ont donc pu apporter que 4 grammes de graisse. Or on sait, par les expériences de M. Letellier, qu'une tourterelle d'un embonpoint ordinaire perd en vingt-quatre heures d'inanition environ 2^{gr},5 de graisse. En sept jours, l'individu qui a fait le sujet de l'observation actuelle a dû en perdre 17^{gr},5, et l'on voit maintenant que ce même individu devait consommer au moins

583 grammes de millet pour remplacer la graisse qu'il avait perdue (1).

---

(1) Une autre tourterelle, privée d'aliments et de boissons pendant neuf jours, s'est comportée d'une manière analogue.

Son poids initial était de	175,6
Il est descendu après neuf jours d'inanition à...	112,5
Perte en neuf jours.........	63,1
Perte par jour.........	7,0

Trois jours après avoir été rendue à l'alimentation normale, son poids est devenu $143^{gr},7$; il s'était même élevé la veille à 153 grammes; mais on avait constaté que le jabot contenait, dans ce dernier cas, une certaine quantité d'aliments qu'on pouvait évaluer à 10 ou 12 grammes. Cette tourterelle avait donc, dans l'espace de deux ou trois jours, recupéré 30 grammes environ de son poids, et réparé ainsi la moitié de la perte qu'elle avait faite.

Dès lors elle est devenue presque stationnaire.

Elle a pesé le quatrième jour...	143,7
le cinquième........	144,5
le sixième.........	148,0
le septième........	150,1
le huitième.........	150,3
le dixième.........	153,0
le treizième.........	155,0
Enfin le vingtième........	157,3

Cet oiseau a offert aussi quelques particularités dans la quantité d'acide carbonique qu'il a produite lorsqu'il a été remis à l'alimentation régulière.

Vingt-quatre heures après que les aliments lui eurent été rendus, il a brûlé seulement :

	0,168	de carbone par heure,
Au commencement du troisième jour.	0,206	pendant le jour.
Au milieu du quatrième............	0,249	Id.
Au milieu du sixième..............	0,259	Id.
Le douzième..............	0,250	Id.

Il brûlait, avant d'avoir été soumis à l'inanition, dans son état normal, en moyenne $0^{gr},232$ de carbone par heure, pendant le jour.

La faiblesse de tous les organes après une aussi longue inanition explique pourquoi, les premiers jours, la production d'acide carbonique a été plus faible qu'on ne l'avait observée avant l'expérience. On voit cependant que l'assimilation a été bien plus active ces jours-là que les suivants, où la quantité de carbone brûlé a surpassé celle de l'état normal.

§ VI. — *Examen des excréments de la tourterelle soumise à l'inanition.*

Pendant la durée de l'inanition, la tourterelle a rendu chaque jour des matières excrémentitielles demi-liquides, glaireuses, d'un vert d'herbe, et dans lesquelles on apercevait des parties blanches d'acide urique. Cette matière glaireuse offrait les caractères d'une sécrétion bilieuse.

Les excréments ont été recueillis sur une plaque de verre et desséchés chaque jour à une douce chaleur, pour prévenir toute altération putride. A la fin de l'expérience, on les a broyés pour les mêler, puis on a achevé la dessiccation dans le vide sec, à la température de 130 degrés. La matière recueillie en sept jours et amenée à cet état de siccité a pesé $2^{gr},755$. Sa couleur, par suite du mélange intime de l'acide urique avec la bile, était d'un vert pâle.

Analyse des excréments secs.

Carbone et hydrogène. — I. $0^{gr},421$ ont donné : acide carbonique, $0^{gr},493$; eau, $0^{gr},164$ = C 31,93, H 4,30.

Carbone et hydrogène. — II. $0^{gr},377$ ont donné : acide carbonique, $0^{gr},442$; eau, $0^{gr},150$ = C 31,97, H 4,40.

Azote. — $0^{gr},305$ ont donné : azote, 64 centimètres cubes ; température, 16 degrés ; baromètre à zéro, $0^{m},7618$. Azote pour 100, 24,74.

Cendres. — $0^{gr},761$ ont laissé $0^{gr},081$ de cendres ; pour 100, 10,64.

	Composition des excréments secs.	Abstraction faite de la cendre.
Carbone	31,95	35,7
Hydrogène	4,35	4,9
Azote	24,74	27,7
Oxygène	28,32	31,7
Matières salines ..	16,40	»
	100,00	100,0

Dans un jour (vingt-quatre heures), la tourterelle privée de toute nourriture a rendu $0^{gr},3935$ de déjections supposées sèches, contenant, d'après l'analyse précédente :

	gr
C...........	0,1257
H..........	0,0171
O..........	0,1114
Az..........	0,0974

Les excréments de la tourterelle, dérivant de la nourriture au millet et rendus dans un jour contenaient :

	gr
C............	1,341
H............	0,164
O............	1,122
Az...........	0,299

Ainsi le carbone, l'hydrogène et l'oxygène renfermés dans les déjections recueillies dans un jour d'inanition ne sont que le dixième des mêmes éléments compris dans les excréments provenant d'une alimentation normale. Pour l'azote on a le tiers.

Dans ses belles recherches sur l'inanition, M. Chossat a reconnu que les tourterelles privées de nourriture conservent néanmoins, pendant leur existence, une température peu différente, seulement un peu inférieure, à ce qu'elle est pendant l'alimentation normale [1]. On devait s'at-

---

[1] Il résulte, en effet, des observations nombreuses de M. Chossat sur des pigeons et des tourterelles, que pendant l'inanition et à l'heure de midi, la chaleur animale ne s'abaisse que de ½ degre au-dessous de celle de l'état normal à la même heure.

Ces températures sont en moyenne :

	Midi	Minuit.
	o	o
Dans l'etat normal........	42,22	41,48
Pendant l'inanition.......	41,70	38,42
Differénce......	0,52	3,06

Les experiences de M. Chossat etablissent encore les faits suivants :

1° La chaleur animale éprouve toutes les vingt-quatre heures une oscillation regulière, au moyen de laquelle elle s'elève pendant le jour et s'abaisse

tendre, d'après cela, à trouver que, dans le cas de l'inanition, une tourterelle brûlerait à peu près la même somme d'éléments combustibles qu'elle en brûle dans les conditions ordinaires. Nous voyons cependant que, par le fait de la respiration, l'animal inanitié ne brûle qu'environ la moitié du carbone et de l'hydrogène qu'il consomme sous l'influence du régime alimentaire : ce résultat peut paraître assez surprenant. Il est vrai que, par suite de l'abstinence, la masse de la tourterelle diminue rapidement; il faut encore ajouter que, dans l'alimentation, il y a chaque jour près de $3\frac{1}{2}$ grammes d'eau vaporisée par la transpiration, et que la boisson et l'aliment, ingérés à la température de l'atmosphère, donnent lieu à $8\frac{1}{2}$ grammes d'excréments, qui sont expulsés à la température de 42 degrés. Dans le cas d'inanition, le poids des déjections humides ne dépasse certainement pas 2 grammes, et comme la tourterelle buvait à peine, on peut concevoir que la presque totalité de l'humidité éliminée provenait du sang digéré ou brûlé, et, dans cette supposition très-vraisemblable, l'eau entraînée par la transpiration n'atteindrait pas 2 grammes. On entrevoit ainsi que, dans l'inanition, il doit y avoir beaucoup moins de chaleur animale dépensée pour échauffer ou pour volatiliser que durant la nutrition.

---

pendant la nuit, et cette oscillation, qui est $0°,74$ dans l'état normal, devient dans l'inanition $3°,28$.

2° L'oscillation diurne inanitiale est d'autant plus étendue que l'inanition a déjà fait plus de progrès; de telle façon que l'oscillation de la fin de l'expérience est à peu près double de celle du début.

3° Les heures de midi et de minuit sont bien les époques du maximum et du minimum de la chaleur animale; mais l'oscillation diurne n'attend pas ces heures-là pour se développer. C'est ainsi que, pendant les différentes parties du jour proprement dit, la chaleur se rapproche plus ou moins de celle de midi; tandis que, pendant la nuit, elle se rapproche de celle de minuit.

4° Enfin, dans le cours d'une même expérience, l'abaissement nocturne se prolonge d'autant plus avant dans la matinée, et commence d'autant plus tôt dans l'après-midi, que l'animal se trouve déjà plus affaibli par la durée préalable de l'inanition.

OBSERVATIONS

SUR

L'ACTION DU SUCRE

DANS L'ALIMENTATION DES GRANIVORES;

PAR M. FÉLIX LETELLIER.

M. Chossat, médecin et physiologiste distingué de Genève, a présenté à l'Académie un Mémoire qui donnerait, si les expériences qu'il contient se vérifiaient, la solution d'une des questions les plus controversées : je veux parler de celle de l'engraissement.

L'auteur de ce travail conclut qu'il y a production de graisse par l'usage du sucre.

Les expériences qui avaient conduit à cette conclusion importante, toutes consciencieuses et bien dirigées qu'elles soient, ne me paraissant pas cependant offrir assez de netteté dans leurs résultats, j'ai entrepris une série d'expériences analogues, et j'ai tâché de mettre dans ces recherches toute l'exactitude qu'elles comportaient.

M. Chossat a expérimenté sur treize pigeons et quatre tourterelles.

Ces oiseaux ont reçu par jour, pendant toute la durée de l'expérience, qui se terminait par la mort, une quantité de sucre de canne équivalente à celle qu'il aurait fallu leur donner de blé pour les entretenir sans perte de leur poids.

Cette quantité est de $29^{gr},8$ pour les pigeons, et de $14^{gr},2$ pour les tourterelles.

Neuf de ces animaux ont été pendant l'expérience privés de boisson. Je note ici cette circonstance qui est importante.

La durée de la vie a été en moyenne, pour les pigeons, de quatre jours seulement, de huit jours pour les tourterelles.

Voici de quelle manière M. Chossat a déterminé la graisse trouvée à l'autopsie. Dans la moitié des cas il a pesé la peau avec la graisse qui la doublait et celle qu'il a pu recueillir par la dissection, et il a donné le poids obtenu; dans l'autre moitié, il s'est contenté de l'évaluer à la simple vue.

Sur sept pigeons du régime saccharin, la graisse a varié de 31 à 68 grammes. En moyenne, elle était de 48 grammes. M. Chossat l'a fixée à 58 grammes à l'état normal.

Il faut remarquer que tous ces pigeons avaient été privés d'eau, circonstance qui avait abrégé singulièrement la durée de leur vie.

Chez les pigeons qui ont eu de l'eau à volonté, celui qui a vécu le plus longtemps (douze jours) ne présente pas de graisse.

Chez un autre, elle n'est pas indiquée; chez un troisième elle est notée une petite quantité; enfin pour les deux derniers, qui ont vécu huit et neuf jours, on trouve les mentions suivantes : épiploon assez chargé de graisse, épiploon chargé de graisse.

Quant aux tourterelles, la vie a été longue dans deux expériences (onze jours et demi et seize jours). Elle a été de seize heures seulement chez une troisième tourterelle, qui est notée contenir une très-grande quantité de graisse. Il est évident ici que cette graisse était celle que l'animal possédait vingt-quatre heures auparavant. Chez les trois autres, la graisse a été déterminée une fois par la pesée, qui

a donné 32gr.3, et deux autres fois on s'est contenté de l'évaluer à la simple vue et d'exprimer sa proportion par les mots : quantité modérée, graisse conservée en totalité.

Il est facile de contester ces données. On peut objecter, sans parler de la méthode d'évaluation de la graisse, que les sept pigeons privés d'eau ont vécu trop peu de jours pour que l'on soit en droit d'attribuer au régime du sucre la graisse trouvée à l'autopsie.

Il me semble que la seule conclusion qu'il soit permis de prendre, d'après les faits ci-dessus, tels qu'ils sont présentés, est la présence, dans certains cas, d'une notable quantité de graisse à la mort. Plusieurs expérimentateurs avaient déjà fait remarquer cette présence de la graisse à l'autopsie chez les animaux nourris exclusivement avec une substance amylacée, saccharine ou gommeuse. MM. Tiemann et Gmelin l'on rencontrée en *quantité notable* sur trois oies nourries à ces trois divers régimes. M. Chossat cite lui-même dans son Mémoire l'expérience de MM. Macaire et Marcet, qui avaient trouvé de la graisse chez un mouton après l'avoir nourri exclusivement au sucre.

Cette graisse, que l'on trouve ainsi à la mort, est le reste de celle qui préexistait à l'expérience. Sa proportion se montre plus forte que dans l'inanition où elle est à peu près nulle; parce que, pour l'entretien de sa chaleur, l'animal est obligé, quand il est privé d'aliments, de brûler sa propre substance et sa graisse de préférence.

Je ne crois pas qu'une autre explication puisse être adoptée.

Je vais maintenant présenter mes expériences, et les résultats qu'elles m'ont donnés.

J'ai expérimenté exclusivement sur des tourterelles pour deux raisons. Les oiseaux qui avaient fourni les résultats les plus favorables à l'opinion de M. Chossat appartenaient à cette espèce. En outre, il devenait plus facile de déterminer

la quantité de graisse par le procédé que j'ai employé, les tourterelles offrant un poids et un volume beaucoup moindres que les pigeons.

Je n'ai pas privé de boisson les oiseaux que j'ai nourris au sucre, puisque, dans les expériences de M. Chossat, il était arrivé que les animaux soumis à cette privation d'eau avaient vécu moins longtemps, et avaient fait des pertes journalières plus considérables que ceux qu'on avait laissé mourir d'inanition; de telle sorte que le sucre avait agi dans ces circonstances comme une substance délétère, au lieu d'offrir les qualités d'un aliment qui, lors même qu'il est insuffisant, prolonge la durée de la vie en diminuant la perte diurne.

De plus, comme l'auteur du Mémoire cité, j'aurais pu me trouver embarrassé, par suite du peu de durée de la vie, pour décider si la graisse trouvée à la mort préexistait à l'expérience, ou avait été produite sous l'influence du régime saccharin.

Ainsi que M. Chossat l'avait fait, j'ai donné du sucre de canne en pain, que j'ai pulvérisé et humecté avec une quantité d'eau convenable, qui permît de le réunir en masses faciles à ingérer.

La quantité qu'on a fait prendre par jour a été de 15 à 16 grammes : elle a été en général bien supportée. Il y a eu quelques vomissements. Les selles, le plus souvent modérées, ont été extrêmement abondantes chez un des oiseaux en expérience.

La graisse a été séparée de la manière suivante :

La peau, avec la graisse qui la doublait, était détachée par la dissection. On y réunissait la graisse trouvée dans l'abdomen, etc.; et, lorsque la quantité en paraissait assez forte, on en retirait immédiatement une grande partie par la fusion à la chaleur du bain-marie. Le résidu était ensuite mis à plusieurs reprises en digestion dans l'éther jusqu'à parfait épuisement.

On pesait enfin après l'évaporation complète de l'éther et de l'eau, qui se faisait au bain-marie.

Le reste de l'animal était ensuite coupé par morceaux, desséché à 100 degrés, et mis, comme ci-dessus, en digestion dans l'éther. On finissait, après dessiccation préalable, par le pulvériser, et on le traitait de nouveau par le même agent.

Pour obtenir des résultats qui présentassent quelque certitude, il était nécessaire de déterminer à l'avance la moyenne de la graisse que pouvaient contenir les tourterelles dans les conditions d'une alimentation normale, ainsi que les variations de quantité.

Sept tourterelles ont été sacrifiées dans ce but. Toutes avaient été gardées quelque temps nourries avec du millet à l'effet de s'assurer de leur bon état de santé.

On trouvera dans le tableau n° I les proportions de graisse fournie par ces tourterelles, ainsi que plusieurs autres données.

Tableau N° I. — *Tourterelles au régime normal.*

NUMÉROS des expériences.	POIDS DU CORPS		GRAISSE EXISTANT NATURELLEMENT	
	avec les plumes.	sans les plumes.	Proportionnelle.	En grammes
	gr	gr	gr	gr
... .	139,2	127,9	13,0	0,102
2........	134,8	125,0	17,3	0,138
3........	154,2	143,8	17,7	0,123
4........	165,4	150,0	19,2	0,128
5...... ..	142,7	135,1	21,5	0,159
6...... .	179,5	165,8	24,2	0,145
7........	168,4	154,6	33,3	0,215
Moyennes.	154,9	143,2	20,88	0,1585

On voit dans ce tableau combien la graisse a varié dans ses proportions. Ainsi le minimum, qui est de 10 pour 100

s'éloigne de plus de la moitié du maximum, qui s'élève à 21 pour 100. La moyenne est de 15,85 pour 100.

Occupons-nous actuellement des résultats offerts par les tourterelles soumises au régime exclusif du sucre. Ils sont inscrits dans le tableau n° II.

On voit figurer aussi dans ce tableau deux expériences sur la privation des aliments, et trois expériences relatives au régime d'un corps gras. Il en sera question plus tard.

Sur sept tourterelles nourries au sucre, deux ont vu modifier leur régime au commencement du sixième jour. On a réduit à 10 grammes leur ration quotidienne de sucre, et on a ajouté 12 grammes de blanc d'œuf coagulé. On espérait, par cette addition, placer ces oiseaux dans des conditions plus favorables pour mettre en évidence l'action *engraissante* du sucre, puisqu'au moyen d'une substance azotée leur régime s'écartait moins d'une alimentation régulière.

Le tableau montre qu'il n'en a rien été. La vie, il est vrai, a été prolongée; les pertes journalières ont été moins fortes; mais, par contre, une faible proportion de graisse existait à la mort.

Sur les cinq autres tourterelles dont le régime n'a pas été modifié, deux ont offert des quantités fort minimes de graisse; une autre, une quantité de près des deux tiers inférieure à la moyenne; une quatrième se tient encore très-notablement au-dessous; la cinquième enfin n'atteint pas cette moyenne.

Pour mieux faire ressortir les différences, je vais placer en regard les quantités de graisse offertes par les tourterelles du régime normal et du régime saccharin.

	Régime normal, graisse pour 100 en nombres ronds.	Régime du sucre, graisse pour 100 en nombres ronds.	
	10	3	Avec addition d'albumine.
	12	4	
	13	3	Sans addition d'albumine.
	14	3	
	15	6	
	16	10	
	21	15	
Moyenne..	15,8	6,3	

Ces résultats parlent d'eux-mêmes.

Évidemment il n'y a pas eu production de graisse pendant le régime du sucre. Seulement par la combustion, dans l'acte respiratoire, le sucre a concouru à entretenir la chaleur animale, et a servi ainsi à ménager la graisse tenue en réserve.

Il est facile d'ailleurs de prouver directement ce que je viens d'avancer. Qu'on fasse respirer une tourterelle pendant plusieurs heures sous une cloche où l'air se renouvelle constamment et avec vitesse, au moyen d'un aspirateur, et qu'on recueille l'acide carbonique produit, on trouvera une grande différence dans la quantité du carbone brûlé, suivant que cette tourterelle sera privée d'aliments depuis quelques jours, ou nourrie pendant le même nombre de jours avec un aliment insuffisant, comme du sucre, du beurre, etc.

Les expériences que je vais citer ont été faites au moyen d'un appareil établi dans le laboratoire de M. Boussingault, pour déterminer la quantité de carbone brûlée par une tourterelle à l'état normal et dans l'inanition. Je me suis servi de cet appareil pour déterminer l'acide carbonique produit sous l'influence des régimes du sucre et du beurre.

Deux tourterelles de même poids (185^{gr},0), nourries avec du millet à volonté, ont produit pendant le jour, dans

plusieurs expériences, une quantité d'acide carbonique à très-peu près semblable.

Cette quantité s'est élevée par heure, en moyenne, à $0^{gr},852$, contenant $0^{gr},232$ de carbone.

Une de ces tourterelles fut soumise à la privation des aliments pendant sept jours; on la mit pendant le jour sous la cloche à plusieurs reprises. Elle a donné par heure, en moyenne, $0^{gr},429$ d'acide carbonique répondant à $0^{gr},117$ de carbone. Il s'est trouvé qu'elle avait brûlé ainsi à peu près la moitié moins de carbone que dans son état normal.

Une autre tourterelle, depuis trois jours au régime du sucre, a donné $0^{gr},715$ d'acide carbonique contenant $0^{gr},195$ de carbone.

Deux tourterelles, au régime du beurre depuis cinq et six jours, ont produit : la première, $0^{gr},623$ d'acide carbonique répondant à $0^{gr},169$ de carbone; la seconde, $0^{gr},548$ d'acide carbonique contenant $0^{gr},149$ de carbone.

Ces résultats sont réunis dans le tableau suivant :

ANIMAUX EN EXPÉRIENCE.	POIDS INITIAL.	ACIDE CARBONIQUE produit par heure pendant le jour.	CARBONE brûlé par heure.
	gr	gr	gr
A l'alimentation normale..	185,0	0,852	0,232
Privé d'aliments..........	185,0	0,429	0,117
Au régime du sucre.......	150,0	0,715	0,195
Au régime du beurre n° 1..	185,2	0,623	0,169
Au régime du beurre n° 2..	157,2	0,548	0,149

Le raisonnement conduisait à prévoir que les oiseaux au régime des aliments respiratoires (sucre, beurre, etc.) se placeraient, pour la production de l'acide carbonique, entre les oiseaux au régime ordinaire et ceux à l'inanition. Les choses se sont à peu près passées ainsi. Cependant la tourterelle nourrie au sucre ne s'éloigne pas beaucoup, par la quantité de carbone qu'elle a brûlé, des tourterelles

Régime normal, graisse pour 100 en nombres ronds.	Régime du sucre, graiss pour 100 en nombres ron
10	3
12	6
13	
14	
15	
16	
21	
Moyenne.. 15,8	

me du
carbo-
xpliquer
: dernier
'st inter-
'gime du
tion chi-
ins cette

présentés
fournissent aussi

Ces résultats parlen
Évidemment il n'
ction de la graisse par
dant le régime du
été tentées dans la pensée
dans l'acte respir
as de graisse par ce régime que
la chaleur anir
me refusais à admettre qu'il fût pos-
tenue en rése
de modifier une substance grasse pour la
Il est faci'
rve lorsque l'alimentation, nulle sous le rap-
viens d'av
zote, amenait une continuelle destruction du
dant plu
consta' les quantités de graisse trouvées à l'autopsie, et séparées
qu'o par l'éther, comme il a été dit, se sont montrées bien in-
un érieures à la moyenne normale, puisque, au lieu de 15,85
s' pour 100, on n'a obtenu, dans les trois expériences, que

	3,2
	7,3
	10,7
Moyenne...	7,1

Cette moyenne, chose singulière, se trouve être la même que celle du régime du sucre sans addition d'albumine.

On trouve, dans le tableau n° II, les détails des expériences.

Je ferai remarquer ici que les oiseaux soumis à ce dernier régime ont toujours été maintenus saturés de beurre.

...er repas se trouvait toujours dans le
...une nouvelle quantité de cette sub-
...ser légèrement cet organe pour
...urre liquide par le bec. Les
...nt aussi en grande quantité,
...mmes de beurre ingéré
chaque tourterelle en

...a production de la
... amené irrésistiblement,
...e sucre, dans les circonstances
...métamorphoser en graisse, et être
...serve par l'économie, puisque le beurre
...ière grasse et alimentaire par excellence,
...mpêcher la destruction de la graisse qui existait na-
...ellement dans l'organisme?

Je terminerai en citant quatre expériences, qui tendent à prouver que le sucre de canne n'est une substance délétère, comme le pense M. Chossat, que par l'énorme quantité qu'on en donne. Elles montreront aussi que le sucre de lait à haute dose est d'un effet bien plus pernicieux encore.

On a donné à deux tourterelles, par jour, 18 grammes de sucre de lait. Elles ont eu presque immédiatement des selles excessives et une soif continuelle. Elles moururent avant la fin du troisième jour. La moyenne que j'ai donnée de la durée de la vie au sucre de canne est de onze jours environ. Elles avaient perdu : la première, 39 grammes; la deuxième, 40 grammes dans ce court espace de temps, et étaient déjà fort amaigries. On s'est contenté de peser la peau et la graisse qu'on a pu recueillir. Leur poids a été de 6 grammes chez l'une, et de 13 grammes chez l'autre. Le procédé par l'éther aurait encore donné un résultat plus faible.

Une troisième tourterelle reçut alors 12 grammes de sucre de lait au lieu de 18. Les mêmes phénomènes se pré-

sentèrent, mais avec un peu moins d'intensité. La vie se prolongea jusqu'au commencement du cinquième jour, où je trouvai l'oiseau chancelant sur ses pattes. Il serait mort quelques heures après.

Je ne donnai plus que 6 grammes de sucre de lait à une quatrième tourterelle. Les selles, comme chez les précédentes, devinrent presque immédiatement liquides, quoique bien moins abondantes. A la fin du neuvième jour, elle était encore fort vive et volait facilement. Elle avait déjà dépassé la moyenne de la durée de la vie qui a lieu dans l'inanition, et son poids avait diminué chaque jour dans un rapport moins considérable. Je cessai l'expérience vers le milieu du dixième jour.

En résumé, dans les circonstances indiquées, je me crois fondé à conclure de ces expériences :

1° Que le sucre de canne ne favorise pas la production de la graisse (le sucre de lait paraît encore plus défavorable);

2° Que le beurre et probablement aussi les autres matières grasses ne sont pas mis en réserve par l'économie quand ils sont donnés comme unique aliment;

3° Qu'un aliment insuffisant prolonge la vie et diminue les pertes journalières, pourvu qu'il ne soit pas ingéré à des doses trop élevées.

NUMÉROS des expériences	POIDS DU CORPS sans les plumes — initial.	POIDS DU CORPS sans les plumes — final.	POIDS des plumes.	PERTE intégrale — en gram.	PERTE intégrale — proport.	PERTE journalière — en gram.	PERTE journalière — proport.	GRAISSE trouvée à la mort — en gram.	GRAISSE trouvée à la mort — proport.	DURÉE de la vie	ALIMENTS donnés par jour	ALIMENTS consommés par jour.	FÈCES.
Tourterelles au régime du sucre.													
	gr	gr	gr	gr		gr		gr		Jours.	gr	Déduct. faite du sucre revomi. gr	
1.	122,2	80,0	12,0	42,2	0,345	6,8	0,055	3,9	0,032	6,17	13,0	12,0	Toutes sont colorées en vert et glaireuses.
2	149,2	84,6	11,0	64,6	0,433	4,1	0,027	4,6	0,031	15,92	13,0	12,0	Assez abondantes.
3......	155,6	108,5	11,5	47,1	0,302	3,8	0,024	23,0	0,148	12,30	16,0	14,0	Très-abondantes.
4......	169,8	108,0	14,0	61,8	0,364	5,1	0,030	10,6	0,062	12,00	16,0	14,0	Peu abondantes.
5......	152,3	109,8	15,2	47,5	0,312	5,8	0,038	14,5	0,095	8,17	13,0	13,0	Modérées.
Moyennes.	149,8	98,2	12,7	52,6	0,351	5,1	0,0348	11,3	0,0736	10,91	14,2	13,0	
Tourterelles au régime du sucre et de l'albumine.													
1......	146,2	112,9	11,6	33,3	0,228	2,2	0,015	5,5	0,037	14,67	10 grammes de sucre et 12 grammes d'albumine.	10 grammes de sucre et 12 grammes d'albumine.	Fèces modérées contenant beaucoup de matières urinaires.
2......	128,2	81,0	12,0	47,2	0,368	2,4	0,019	3,4	0,026	19,67			
Moyennes.	137,2	96,95	11,8	40,25	0,298	2,3	0,017	4,45	0,0315	17,17			
Tourterelles au régime du beurre.													
												Déd. faite du beurre contenu dans les fèces.	gr
1......	137,7	94,2	11,3	43,5	0,316	2,8	0,0207	14,7	0,107	15,25	9,5	6,4	47,0 Beurre retiré des fèces réunies.
2.. ...	145,2	84,0	12,0	61,2	0,421	3,1	0,0214	4,6	0.032	19,50	7,5	5,1	47,0
3.	170,0	92,8	15,2	77,2	0,454	3,8	0,0223	12,4	0,073	20,50	7,5	6,0	30,0
Moyennes.	150,9	90,3	12,8	60,6	0,397	3,25	0,0214	10,57	0,0707	18,42	8,17	5,8	41,3
Tourterelles privées d'aliments, ayant de l'eau à volonté.													
1......	127,4	68,2	11,0	59,2	0,465	8,31	0,0655	1,9	0,0149	7,12	"	"	En petite quantité. Composées principalement de matière urinaire. Un peu de bile.
2......	154,6	89,2	13,8	65,4	0,464	6,77	0,0437	1,8	0,0116	9,66	"	"	
Moyennes.	141,0	78,7	12,4	62,3	0,454	7,54	0,0546	1,85	0,0132	8,39	"	"	
Moy. géné.	144,7	"	12,4	"	0	"	0	"	"	"	"	"	

ASPECT DU LAIT

VU AU MICROSCOPE

AVANT ET APRÈS LE BARATTAGE DE L'ÉCRÉMAGE.

Vu au microscope, le lait change notablement d'aspect par suite du barattage : naturellement les globules de beurre sont moins nombreux ; aussi reconnaît-on aisément un lait baratté. Un lait complétement écrémé se distingue d'un lait qui ne l'a pas été par une nuance bleuâtre ; mais la distinction n'est plus possible à la vue simple si l'écrémage n'a été que partiel, comme cela arrive pour un lait mi-crème, tandis qu'au microscope, avec un peu d'habitude, on voit nettement si le lait a perdu une partie de sa crème.

Dans le cours d'expériences sur le barattage [1], j'ai eu l'occasion d'observer fréquemment, sur le porte-objet, le lait normal, le lait baratté, le lait écrémé et le lait de beurre provenant du barattage de la crème. Je donne ici les dessins représentant les globules butyreux du lait examiné dans ces diverses conditions.

J'ai constaté, par mes recherches, ce fait : qu'en battant le lait à la température la plus convenable, dans les barattes les mieux établies, on ne retire pas à beaucoup près la totalité du beurre. Il reste dans le lait baratté des globules butyreux que le barattage le plus prolongé ne parvient pas à réunir, comme on peut s'en assurer par le microscope.

---

(1) *Agronomie*, t. IV, p. 159, 2e édition.

Si la motte de beurre sortie de la baratte ne renferme pas toute la matière grasse qu'avait dû donner le lait, on doit nécessairement retrouver ce qui manque dans le petit-lait. C'est ce qui a lieu.

J'ai déterminé la quantité de beurre restée dans le petit-lait et dans le lait de beurre par deux moyens : en la déduisant de la perte éprouvée dans le barattage, la teneur en beurre du lait étant connue, et en dosant directement la matière grasse.

	Beurre.
De 1000 parties de lait renfermant..................	40,4
On a retiré, en moyenne, par la baratte.............	29,5
Différence représentant le beurre retenu par 970,5 de petit-lait............	10,8
1000 parties de petit-lait en contiendraient donc......	11,1
Pour sept dosages divers, on a trouvé..............	9,3

Le petit-lait retenait donc le quart du beurre contenu dans le lait; c'est ce qui explique la présence des globules butyreux que l'on aperçoit dans une goutte de lait baratté mise sur le porte-objet.

La *fig.* 1, *Pl. I*, est l'image du lait avant le barattage.

La *fig.* 2. *Pl. I*, celle du petit-lait.

Dans la *fig.* 1, les globules se touchent, les espaces libres sont peu étendus.

Dans la *fig.* 2, les globules sont bien moins nombreux, disposés en groupes isolés, un peu plus lumineux, probablement parce que des globules se sont soudés par l'effet de l'agitation; mais, dans l'état où ils sont, ils résistent à l'agglomération, ils sont en quelque sorte insaisissables. Par un repos prolongé dans des circonstances où le petit-lait ne s'acidifie pas, une partie de ces globules butyreux disséminés monte à la surface du liquide; toutefois, la couche de crème ainsi rassemblée est si peu épaisse qu'il devient difficile de l'enlever. Au reste, l'enlèvement de

...le avant
...portance.
...s à la qua-
...ou à la fro-
les fromages
proportion de
, avec du lait
crémé.

ASPECT DU ...

VU AU MICR...

AVANT ET APRÈS LE BA...

...pos pendant vingt-
...e 12 ou 15 degrés, est
Vu au microscope, ... légère et la plus consis-
par suite du barattag... ure : c'est la crème ; la plus
sont moins nombr... arce qu'elle est la plus aqueuse,
baratté. Un lait ...e lait écrémé ; on pourrait dire le
lait qui ne l'a ... écrémé, car l'ascension de la matière
distinction n' ... avec lenteur, et, si l'on enlève la crème
n'a été que ... soit rassemblée en totalité, c'est pour préve-
crème, ta... gulation du caséum, qui ne tarde pas à se mani-
on voit ... lorsque, par l'action de l'air, il se développe de l'acide
crème ... ique. Cette coagulation du caséum exerce une influence
D... autant plus fâcheuse sur le résultat de l'écrémage que
l'o... le coagulum entraîne, en se précipitant, une notable quan-
l... tité de globules de beurre. Cela est si vrai que, si l'on ajoute un acide, du vinaigre, à du lait frais, la coagulation est immédiate ; le coagulum se rassemble au fond du vase, recouvert par le sérum à peu près limpide. Par le repos, il ne monte plus de crème, par la raison que tous les globules butyreux ont été entraînés par la matière caséeuse combinée à l'acide acétique.

C'est une action semblable qui se manifeste à un degré plus ou moins prononcé, lorsque l'écrémage a lieu dans des circonstances favorables à une formation spontanée d'acide lactique. Alors le lait est divisé en trois zones : la zone supérieure est de la crème *montée* avant la coagulation du caséum qui, une fois coagulé, forme la zone infé-

intermédiaire est du sérum. Il est clair
crème rassemblée dans ces conditions
ou de la rapidité du développement
sera d'autant plus faible qu'il y
beurre englobés dans le caillé.
écède, combien doit varier
it écrémé.
pour 100, 3,62 de beurre,
es un repos de vingt-quatre
a crème était donc loin d'être

vé par le procédé Appert, échappant par
à l'acidification et, par suite, à la coagulation,
ait, après un repos de trois années, un sérum à
peu près limpide surmonté d'une couche épaisse de crème. C'était là un écrémage parfait, impossible à réaliser dans la pratique.

Le lait écrémé, même dans des conditions favorables, n'est jamais exempt de beurre; cependant il arrive qu'il ne contient plus, pour 100, que 0,3 à 0,4 de matière grasse. C'est le lait écrémé que représente la *fig*. 3.

Lait de beurre. — La crème, telle qu'on l'obtient du lait en repos dans des conditions qui le préservent de la coagulation, est loin d'avoir une composition constante; sa teneur en beurre varie suivant qu'elle a été plus ou moins séparée du lait dont elle est imprégnée; celle que l'on enlève pour la battre dans la baratte n'est pas mise à égoutter comme celle que l'on destine aux usages culinaires. Dans une crème levée en septembre, il entrait 18,5 pour 100 de beurre; une crème bien égouttée en contient 37 à 40 pour 100.

Après la séparation du beurre de la crème par le barattage, il reste un liquide ayant l'apparence du lait normal, bien qu'il ne s'y trouve pas autant de matière grasse. Deux analyses ont donné, pour la proportion de beurre conte-

cette crème, dans les cas rares où elle se rassemble avant la coagulation spontanée, est d'une minime importance. Le beurre échappé au barattage ajoute d'ailleurs à la qualité du petit-lait, soit qu'il aille à la porcherie ou à la fromagerie. C'est à ces globules butyreux que les fromages *maigres* doivent de renfermer une certaine proportion de matière grasse, bien qu'ils soient préparés avec du lait ayant passé par la baratte ou avec du lait écrémé.

Lait écrémé. — Le lait laissé en repos pendant vingt-quatre heures, à une température de 12 ou 15 degrés, est partagé en deux couches; la plus légère et la plus consistante est à la partie supérieure : c'est la crème; la plus lourde, la plus fluide, parce qu'elle est la plus aqueuse, est au-dessous : c'est le lait écrémé; on pourrait dire le lait plus ou moins écrémé, car l'ascension de la matière butyreuse a lieu avec lenteur, et, si l'on enlève la crème avant qu'elle soit rassemblée en totalité, c'est pour prévenir la coagulation du caséum, qui ne tarde pas à se manifester lorsque, par l'action de l'air, il se développe de l'acide lactique. Cette coagulation du caséum exerce une influence d'autant plus fâcheuse sur le résultat de l'écrémage que le coagulum entraine, en se précipitant, une notable quantité de globules de beurre. Cela est si vrai que, si l'on ajoute un acide, du vinaigre, à du lait frais, la coagulation est immédiate; le coagulum se rassemble au fond du vase, recouvert par le sérum à peu près limpide. Par le repos, il ne monte plus de crème, par la raison que tous les globules butyreux ont été entraînés par la matière caséeuse combinée à l'acide acétique.

C'est une action semblable qui se manifeste à un degré plus ou moins prononcé, lorsque l'écrémage a lieu dans des circonstances favorables à une formation spontanée d'acide lactique. Alors le lait est divisé en trois zones : la zone supérieure est de la crème *montée* avant la coagulation du caséum qui, une fois coagulé, forme la zone infé-

rieure. La zone intermédiaire est du sérum. Il est clair que la quantité de crème rassemblée dans ces conditions dépendra de la lenteur ou de la rapidité du développement de l'acide lactique ; qu'elle sera d'autant plus faible qu'il y aura eu plus de globules de beurre englobés dans le caillé.

On conçoit, d'après ce qui précède, combien doit varier la proportion de beurre dans un lait écrémé.

Du lait dans lequel il entrait, pour 100, 3,62 de beurre, en contenait encore 1,4 après un repos de vingt-quatre heures. L'ascension de la crème était donc loin d'être terminée.

Du lait, conservé par le procédé Appert, échappant par conséquent à l'acidification et, par suite, à la coagulation, présentait, après un repos de trois années, un sérum à peu près limpide surmonté d'une couche épaisse de crème. C'était là un écrémage parfait, impossible à réaliser dans la pratique.

Le lait écrémé, même dans des conditions favorables, n'est jamais exempt de beurre ; cependant il arrive qu'il ne contient plus, pour 100, que 0,3 à 0,4 de matière grasse. C'est le lait écrémé que représente la *fig.* 3.

Lait de beurre. — La crème, telle qu'on l'obtient du lait en repos dans des conditions qui le préservent de la coagulation, est loin d'avoir une composition constante ; sa teneur en beurre varie suivant qu'elle a été plus ou moins séparée du lait dont elle est imprégnée ; celle que l'on enlève pour la battre dans la baratte n'est pas mise à égoutter comme celle que l'on destine aux usages culinaires. Dans une crème levée en septembre, il entrait 18,5 pour 100 de beurre ; une crème bien égouttée en contient 37 à 40 pour 100.

Après la séparation du beurre de la crème par le barattage, il reste un liquide ayant l'apparence du lait normal, bien qu'il ne s'y trouve pas autant de matière grasse. Deux analyses ont donné, pour la proportion de beurre conte-

nue dans 100 de crème barattée, 1,72 et 1,76 de beurre. Au microscope (*fig.* 4), le lait de beurre a de nombreux et très-petits globules, mais l'image est confuse, parce que ce lait est assez opaque, à cause de petites particules disséminées dans le liquide et ressemblant à du caséum coagulé. Néanmoins, il serait impossible de confondre l'aspect du lait de beurre avec le lait; j'ajouterai même que, au microscope, on reconnaîtrait si du lait de beurre a été mélangé à du lait écrémé, fraude que l'on a pratiquée quelquefois, pour communiquer au lait écrémé et surtout au lait baratté l'apparence du lait normal.

INFLUENCE
DES
TEMPÉRATURES EXTRÊMES DE L'ATMOSPHÈRE
SUR
LA PRODUCTION DE L'ACIDE CARBONIQUE
DANS LA RESPIRATION DES ANIMAUX A SANG CHAUD;

PAR M. FÉLIX LETELLIER.

Les phénomènes chimiques de la respiration ont été, depuis les beaux travaux de Lavoisier et de Séguin, l'objet des investigations d'un grand nombre de savants. Prout, il y a déjà quelques années, établissait que la production de l'acide carbonique dans l'espèce humaine varie notablement aux diverses époques de la journée, et fixait les limites de ces variations. Ces résultats ont été tout récemment encore confirmés par M. Scharling. Ce dernier observateur en Danemark, MM. Andral et Gavarret en France, ont signalé des faits d'un haut intérêt en étudiant chez l'homme les modifications que font éprouver dans la quantité du carbone brûlé, pendant l'acte respiratoire, les principales conditions physiologiques, telles que l'âge, le sexe, les constitutions, les diverses époques de la digestion, etc.

Dans un travail entrepris dans le but spécial de démontrer l'exhalation de l'azote et d'en déterminer la proportion, M. Boussingault, de son côté, a mis aussi en évidence l'influence du jour et de la nuit sur la production de l'acide

carbonique chez les oiseaux granivores. Il a fait voir également à quelles faibles proportions l'état d'inanition réduisait l'émission de ce gaz chez ces animaux dans cette double circonstance. Il résulte de ces importants travaux que la fonction respiratoire présente des modifications nombreuses sous des influences très-différentes. On se trouvait donc naturellement conduit à penser, en réfléchissant à ces phénomènes, qu'en poursuivant leur étude dans des conditions nouvelles on pourrait rencontrer encore des faits de quelque intérêt. J'étais disposé surtout à admettre que cette conjecture se réaliserait si l'on modifiait dans son élément même cette fonction qui a pour résultat final une production considérable de chaleur. En effet, ne semble-t-il pas, au premier abord, dans la supposition que la génération de la chaleur est le but de la respiration, qu'en maintenant artificiellement un animal au degré de température qui lui est propre, on doive sinon arrêter complétement, tout au moins restreindre considérablement l'exhalation de l'acide carbonique. J'ai donc entrepris, en partant de ce point de vue, quelques expériences sur des oiseaux et sur des mammifères.

Dulong avait commencé des recherches analogues; on trouve à la fin de son beau Mémoire sur la chaleur animale cette phrase : « Je m'étais proposé de rechercher l'in-
» fluence des températures extrêmes de l'atmosphère et
» des diverses époques de la digestion. Plusieurs accidents
» indépendants des expériences m'ont empêché jusqu'à
» présent d'obtenir un assez grand nombre de résultats
» comparables. » Ces paroles montrent que Dulong avait jugé le sujet digne de son attention, et tout doit faire regretter qu'il n'ait pas donné suite à ce projet.

Voici les conditions dans lesquelles j'ai observé :

Les températures auxquelles les animaux furent soumis ont, en général, varié dans les degrés inférieurs de — 5 à + 3 degrés, et dans les degrés supérieurs de + 28 à + 43

degrés. On n'a pas dépassé 43 degrés; une mort rapide frappait souvent à cette température, et quelquefois même au-dessous, à 40 degrés, les animaux en expérience. D'ailleurs, l'état d'anxiété et d'agitation où ils tombaient amenait évidemment, dans le jeu de leurs fonctions, une altération profonde. Il semble, au moins pour les animaux sur lesquels j'ai expérimenté, que le point limite de la température élevée soit pour chacun d'eux le degré de chaleur qui lui est propre dans les conditions normales. Si on l'atteint, le danger est extrême; si on le dépasse, la mort est presque instantanée. Ces résultats causent quelque surprise. Ils sont en contradiction apparente avec les faits observés sur l'homme; mais si l'on considère, d'une part, la grande susceptibilité de la fonction respiratoire chez les animaux qui ont succombé, et, de l'autre, leur masse très-peu considérable qui a permis à la chaleur de pénétrer pour ainsi dire plus rapidement jusqu'au centre de la vie, on se rendra peut-être compte ainsi de la différence de réaction [1].

---

[1] Dans un Mémoire *sur les degrés de chaleur auxquels les hommes et les animaux sont capables de résister*, inséré dans l'*Histoire de l'Académie royale des Sciences*, année 1764, Tillet nous apprend que des filles attachées au service d'un four banal de Larochefoucault supportaient, pendant dix minutes, une température de 112 degrés au moins d'un thermomètre dont le 85e degré marquait le point de l'ébullition de l'eau; elles eussent résisté une demi-heure à la température de l'eau bouillante. On trouve aussi dans les *Transactions philosophiques*, année 1775, un Mémoire de Charles Blagden sur le même sujet : Un des expérimentateurs séjourna sept minutes dans une chambre chauffée de 92 à 99 degrés centigrades. Si l'homme peut résister quelque temps à des températures si élevées, il n'en est plus de même pour des animaux offrant une masse peu considérable. Ainsi un bruant, exposé par Tillet à une température de 65 degrés de son thermomètre, mourut au bout de quatre minutes, après avoir offert tous les signes d'une respiration anxieuse. Un poulet eût succombé dans le même espace de temps si on ne l'eût soustrait précipitamment au danger. Tillet pensa que ces effets rapides et funestes, survenus à une chaleur assez modérée, devaient dépendre de la faible masse de ces animaux. Il eut alors l'idée de les envelopper d'un linge en forme de maillot, pour s'opposer autant que

A une température plus modérée au contraire, de 28 à 33 degrés par exemple, les animaux ont souvent offert, pendant tout le cours de l'expérience, une respiration parfaitement égale et douce. Les mouvements respiratoires devenaient même insaisissables à la vue; aucun signe n'indiquait le moindre malaise. Ces cas ont été les plus favorables. Parmi ceux qui se sont le plus écartés du sens général des expériences, presque toujours une grande agitation et souvent la mort étaient intervenues.

L'appareil que j'ai employé consistait en un vase de verre assez grand pour que les animaux n'y éprouvassent point de gêne. Il avait la forme d'une cloche renversée, évasé par le bas, se rétrécissant ensuite graduellement, jusqu'à l'ouverture placée à la partie supérieure et qui était assez grande pour permettre l'introduction facile de l'animal.

Ce vase était fixé dans un seau de zinc que l'on emplissait d'eau à une température convenable pour expérimenter dans les degrés supérieurs, et de glace pilée pour les degrés inférieurs. Dans ce dernier cas, des ouvertures pratiquées au fond du réservoir laissaient un libre écoulement à l'eau provenant de la fusion de la glace. On ajoutait du sel marin quand on le jugeait nécessaire pour abaisser la température. Un long thermomètre passait à travers le bouchon. Son réservoir occupait, autant que possible, le centre de l'enceinte. Le degré se lisait à l'extérieur.

Après l'introduction de l'animal, le vase était fermé au moyen d'un bouchon de liége façonné avec soin et disposé de manière à pouvoir être luté avec promptitude et facilité. Cet appareil communiquait, au moyen de tubes de plomb passant par le bouchon, d'une part avec l'air extérieur, de

---

possible à ce que l'air chaud ne les pénétrât sans obstacle de toutes parts. Cette modification apportée dans l'expérience fit qu'un autre bruan et le même poulet supportèrent sans péril immédiat, pendant huit à dix minutes, une température de 67 degrés. Ces derniers résultats viennent en confirmation des faits qui se sont présentés à mon observation.

l'autre avec deux aspirateurs, dont l'un était uni à la série des tubes usités en pareils cas. En un mot, c'était l'appareil employé par M. Boussingault dans ses expériences sur la tourterelle, modifié de manière à pouvoir porter à une température voulue l'enceinte dans laquelle l'animal était placé ([1]). L'air était renouvelé au moyen de l'aspirateur avec une vitesse de 20 à 40 litres à l'heure suivant les cas. La durée des expériences a varié aussi; elle a été quelquefois de trente minutes seulement quand on portait la température au maximum et que l'on craignait la mort de l'animal. On l'a prolongée une ou plusieurs heures, quand la chaleur était plus modérée, entre 28 et 35 degrés par exemple. Il a été de même à zéro et au-dessous.

Les animaux sur lesquels j'ai expérimenté étaient généralement en bon état de santé, adultes, et nourris souvent depuis longtemps au même régime. Les tourterelles recevaient du millet, les verdiers du chènevis, la crécerelle du cœur de bœuf, les cochons d'Inde des carottes et du pain, les souris du pain seulement.

La température propre et le poids des animaux étaient pris au commencement et à la fin de chaque expérience. Les excréments rendus dans cet intervalle étaient aussi pesés avec soin. Le gain des tubes, pendant l'expérience, donnait, après les corrections, la quantité d'acide carbonique exhalé, et, par suite, celle du carbone brûlé.

J'ai pu, avec ces éléments, dans un assez grand nombre de cas, calculer avec une approximation suffisante la transpiration pulmonaire et cutanée.

Pour ce calcul, on commençait par défalquer les déjections de l'animal de la perte qu'il avait éprouvée dans son

---

([1]) Voyez pour ces détails, le calcul et les corrections à faire sur l'acide carbonique recueilli, le Mémoire de M. Boussingault (*Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, année 1844, t. XI, p. 433). On a suivi de tous points les procédés indiqués.

poids. En retranchant ensuite le carbone brûlé pendant l'expérience, l'excès de perte donnait la quantité d'eau de transpiration exhalée par les poumons et par la peau.

Le poids du carbone me paraît représenter, avec une exactitude suffisante, la proportion qu'un animal détruit de sa propre substance par combustion dans l'acte respiratoire. Il résulte, en effet, des recherches de M. Boussingault que la proportion d'hydrogène brûlé en même temps que le carbone par le concours de l'oxygène, chez une vache et chez un cheval, forme seulement avec l'azote exhalé la cinquantième partie environ du carbone consumé dans le même espace de temps. Ainsi, dans un jour, la vache brûlait 2211 grammes de carbone, $19^{gr},8$ d'hydrogène, et exhalait 27 grammes d'azote; le cheval brûlait 2465 grammes de carbone, 23 grammes d'hydrogène, et exhalait 24 grammes d'azote. Une semblable recherche, entreprise sur une tourterelle, a offert des résultats analogues.

Toutefois, je préfère ne pas introduire dans le calcul de la transpiration cette correction insignifiante; il perdrait de sa simplicité sans avantage réel.

La température propre de l'animal se prenait dans le cloaque, et quelquefois sous l'aile chez les oiseaux; dans le rectum, chez les cochons d'Inde. Le réservoir du thermomètre qui a servi pour toutes ces observations avait 14 millimètres de longueur sur $2^{mm},6$ de diamètre; chaque degré offrait 3 millimètres de course.

Résultats généraux.

L'influence que les températures extrêmes de l'atmosphère exercent sur la production de l'acide carbonique dans la respiration des animaux à sang chaud se manifeste avec une notable énergie dans les conditions que j'ai indiquées; il n'est même pas nécessaire de reculer, autant qu'on le pourrait, les limites de ces températures pour ob-

tenir des résultats tranchés. Déjà, entre zéro et 30 degrés, les variations ont une grande étendue, puisque le carbone brûlé dans le premier cas est le double du carbone brûlé dans le second. A la température ordinaire, le phénomène se montre intermédiaire, inclinant tantôt d'un côté, tantôt de l'autre.

Un autre fait qui doit aussi attirer l'attention, c'est la similitude de ces variations chez les animaux d'une organisation aussi différente que ceux sur lesquels on a expérimenté; les animaux de petite espèce ne réagissent pas autrement, quant au rapport mentionné entre les quantités d'acide carbonique, que ceux d'un volume plus considérable, et les oiseaux se comportent comme les mammifères.

Ainsi, en prenant un animal dans chacune de ces catégories, on voit que l'acide carbonique produit dans l'espace d'une heure a été :

	A la température ambiante, 15 à 20 degrés.	De 30 à 40 degrés.	Vers 0 degré.
Pour un serin	gr 0,250	gr 0,129	gr 0,325
Pour une tourterelle	0,684	0,366	0,974
Pour deux souris	0,498	0,268	0,531
Pour un cochon d'Inde	2,080	1,453	3,006

C'est-à-dire que l'acide carbonique exhalé à zéro a été le double de celui produit à une température élevée pour les deux mammifères, et un peu plus pour les oiseaux.

On trouve aussi, par la comparaison de ces nombres entre eux, que les quantités d'acide carbonique émises par les divers animaux sont indépendantes du rapport indiqué. On sait depuis longtemps que les petits animaux sont des appareils de combustion bien plus actifs que les animaux plus volumineux. On peut remarquer même dans le tableau ci-

dessus qu'à zéro un serin brûle presque autant de carbone qu'une tourterelle à 30 degrés.

Cette plus grande énergie de réaction chez les petits oiseaux se conserve pour la transpiration. Cette fonction a des liens étroits avec la respiration. Plus un animal à sang chaud, dans les conditions ordinaires, brûle de carbone et d'hydrogène, plus aussi est abondante la transpiration pulmonaire et cutanée.

La perte occasionnée par la perspiration insensible est donc bien plus considérable pour un petit oiseau proportionnellement à son poids, que pour une tourterelle. Ce phénomène se développe à ce point, dans les températures élevées, qu'un verdier exhalera dans une heure, à 40 degrés, près de 1 gramme d'eau de transpiration. C'est à peine si, dans les mêmes circonstances, une tourterelle en émettrait davantage.

J'ai consigné tous les éléments des expériences dans sept tableaux. Je présente, toutefois, ici, un résumé général mettant en regard les moyennes des quantités d'acide carbonique exhalé par heure, aux températures extrêmes, par chacun des animaux en expérience, et le rapport simple qui existe entre ces deux quantités. On prendra ainsi, d'un coup d'œil, une idée générale des résultats.

DÉSIGNATION de L'ANIMAL.	ACIDE carbonique produit à une température élevée.	ACIDE carbonique émis à une basse température.	RAPPORT entre ces deux quantités.	REMARQUES.
	gr	gr		
Serin femelle.......	0,129	0,325	1 : 2,5	
Verdier mâle n° 1..	0,212	0,436	1 : 2,0	
Verdier n° 4.......	0,216	0,481	1 : 2,2	
Verdier n° 5........	0,212	0,416	1 : 1,94	
Tourterelle n° 1....	0,663	1,119	1 : 1,77	Morte à la suite de l'expérience.
Tourterelle n° 2....	"	1,264	1 : 2 minimum	
Tourterelle n° 4....	0,378	"	1 : 2 minimum	
Tourterelle n° 5....	0,438	"	1 : 2 minimum	
Tourterelle n° 6....	0,336	0,974	1 : 2,9	
Une crécerelle......	0,569	1,610	1 : 2,9	
Tourterelle de petite espèce...........	0,155	0,368	1 : 2,37	
Cochon d'Inde n° 1.	1,453	3,006	1 : 2	Il y a eu mort dans ces deux cas, ce qui altère constamment le rapport.
Cochon d'Inde n° 2.	1,534	2,251	1 : 1,5	
Cochon d'Inde n° 3.	1,655	2,357	1 : 1,4	
Deux souris........	0,268	0,531	1 : 2	

En consultant les quatre premiers tableaux relatifs aux oiseaux de petite espèce, on remarque que le verdier n° 3 a fait exception à la règle, en produisant plus d'acide carbonique à une température élevée qu'à la température ordinaire; mais il a succombé dans l'expérience. Ce résultat est constant.

La transpiration des verdiers à l'état naturel, par heure, se tient en général entre $0^{gr},150$ et $0^{gr},300$. Deux fois elle a atteint $0^{gr},400$ et $0^{gr},500$.

Dans les hautes températures, elle a été, par heure, de $0^{gr},500$ entre 30 et 35 degrés, et s'est élevée au gramme à 40 degrés.

Les détails d'une observation de transpiration naturelle, continuée pendant six heures sur le verdier n° 1, donneront une idée du décroissement que la perspiration insensible subit d'heure en heure.

14.

L'expérience a eu lieu le 6 septembre. Elle a commencé à $9^h 30^m$ du matin. Le thermomètre a varié de 19 à 21 degrés.

	Eau perdue par les transpirations pulmonaire et cutanée.
	gr
Première heure...........	0,315
Deuxième heure..........	0,218
Troisième heure..........	0,179
Quatrième heure.........	0,115
Cinquième heure.........	0,119
Sixième heure............	0,108

Pendant les trois premières heures il y a eu diminution successive dans la vapeur d'eau exhalée; les trois heures suivantes, la transpiration est devenue à peu près stationnaire.

C'est ici le lieu de faire remarquer avec quelle facilité les oiseaux résistent au froid. Les petits oiseaux, dont la faible masse doit permettre si promptement aux températures excessives de les pénétrer, ne paraissent cependant pas, alors même qu'ils sont privés d'aliments, éprouver un grand malaise sous l'influence du froid quand il n'est pas prolongé au delà de huit à neuf heures. Trois verdiers, les n°s 1, 2 et 3, ont été ainsi soumis à un froid de zéro pendant plusieurs heures (5 heures, $6^h 41^m$ et $8^h 27^m$). Les tubes disposés pour recueillir l'acide carbonique étaient changés d'heure en heure et pesés. Les deux premiers oiseaux ont, pendant toute la durée de l'expérience, brûlé une égale quantité de carbone. Le verdier n° 3, pendant la première moitié de l'expérience ($4^h 15^m$), s'est comporté de la même manière; mais pendant la seconde moitié ($4^h 12^m$), la quantité de carbone qu'il a consommée a baissé, elle est devenue celle de l'état normal. Cependant cet oiseau est sorti de l'appareil aussi vif qu'il y était entré. Son corps donnait bien à la main une sensation de froid;

mais, dans le cloaque, la température n'avait baissé que de 1 degré.

Les tourterelles (*voir* le tableau n° 5) se comportent à peu près comme les petits oiseaux, quant au rapport indiqué dans les quantités d'acide carbonique aux températures extrêmes. La crécerelle donne de plus fortes différences, et le rapport devient pour elle 1:3,4 et 1:2,4. Cet oiseau paraît très-sensible à l'action de la chaleur; déjà à 28 degrés il manifeste des signes prononcés de souffrance.

Les deux tourterelles n°s 1 et 3 ont offert quelque divergence. Exposées à une température de 40 à 43 degrés, elles ont donné un chiffre élevé d'acide carbonique; il est par heure de 0,663 pour le n° 1, et de 0,775 pour le n° 3. La mort est survenue dans ces deux cas. Les expériences elles-mêmes ont duré seulement vingt et vingt-cinq minutes. Les n°s 4, 5 et 5, au contraire, ont émis à une température plus modérée, de 30 à 36 degrés, une proportion bien moins forte d'acide carbonique qui porterait le rapport à 1:2,5 environ.

Voici deux observations de transpiration naturelle sur deux tourterelles, continuées pendant six heures consécutives. Le décroissement paraît plus régulier et se maintient plus longtemps que chez le verdier n° 1.

La première expérience a eu lieu sur la tourterelle n° 2, le 5 septembre, à partir de 9^{h}56^m du matin. La température extérieure a varié entre 20°,6 et 21°,4.

	Perte éprouvée par heure par la transpiration.
Première heure...........	0^{gr},395
Deuxième heure..........	0,371
Troisième heure..........	0,348
Quatrième heure.........	0,266
Cinquième heure.........	0,226
Sixième heure............	0,130

La deuxième expérience a été faite sur une tourterelle du poids de 160 grammes, le 6 septembre, à une température de 20 à 21°,5, à partir de $9^h 23^m$ du matin.

	Eau perdue par la transpiration par heure.
	gr
Première heure..........	0,682
Deuxième heure..........	0,384
Troisième heure..........	0,342
Quatrième heure.........	0,288
Cinquième heure.........	0,200
Sixième heure............	0,170

La transpiration des tourterelles ne s'est pas beaucoup élevée quand la chaleur a été modérée. Ainsi à 30 degrés, chez le n° 4, elle a été seulement de 0,640 par heure.

De 33 à 36 degrés elle a atteint le gramme. Cette fonction a suivi les mêmes phases dans des proportions moindres chez la tourterelle de petite espèce. Sa perspiration insensible a été par heure $0^{gr},189$ à la température ordinaire, $0^{gr},210$ à 30 degrés et $0^{gr},307$ de 37 à 40 degrés.

La température propre de ces oiseaux s'est abaissée par le froid de 0°,2 et de 0°,6 sous l'aile chez une tourterelle robuste; de 2°,2 chez une autre tourterelle en voie de dépérissement. La chaleur n'a eu quelquefois que peu d'influence sur l'élévation de la température animale quand le thermomètre marquait 30 degrés seulement. Dans un cas même il y a eu abaissement de $\frac{1}{3}$ de degré. Cependant, en général, il y a eu augmentation dans la température propre de ces animaux. Dans trois expériences comprises entre 30 et 33 degrés, il y a eu accroissement de 0°,4, 1°,5 et 1°,8; à 36 degrés, de 1°,4. Un des oiseaux qui ont péri vers 40 degrés avait même gagné 3°,2 sous l'aile.

Il est bon de donner ici les raisons qui m'ont déterminé à classer parmi les oiseaux volumineux la tourterelle de petite espèce, du poids de 66 grammes, et parmi les petits

oiseaux le moineau de montagne du poids de 52 grammes.

Cette tourterelle a constamment brûlé, relativement à son poids, une quantité minime de carbone, et sa transpiration s'est tenue dans les mêmes proportions. J'ai déjà appelé l'attention sur cette relation. Elle avait, d'ailleurs, toutes les allures des tourterelles ordinaires, plus lentes encore, quoique en parfait état de santé. Le moineau, au contraire, qui consumait bien plus de carbone, avait toute la vivacité des petits oiseaux. L'un donnait cours à son activité naturelle par un mouvement continuel; l'autre restait constamment immobile et perché.

Ces différences s'expliquent très-bien avec les nouvelles idées physiologiques sur la chaleur animale.

Les cochons d'Inde (*voir* le tableau n° VI) ont présenté les particularités suivantes :

Le n° 1 a produit par heure : acide carbonique :

A la température ambiante.	A la température élevée.	A la température basse.
2gr,058	1gr,457	3gr,006

Ces résultats sont nets et réguliers.

Les nos 2 et 3, au contraire, ont exhalé à une température élevée une proportion trop forte d'acide carbonique pour que le rapport se maintînt de 1 à 2; il n'est plus que de 1 à 1,5 à 1,4; mais si l'on observe que tous les deux sont morts par excès de chaleur pendant l'expérience ou à sa suite, que le malaise avait été considérable, que les mouvements inspiratoires avaient été portés jusqu'au nombre de deux cents par minute, on ne sera plus étonné de ce résultat. D'ailleurs la proportion d'acide carbonique dans cette circonstance a dépassé celle qui se produit à la température ordinaire.

Ces deux animaux ont été retirés de l'appareil inondés de sueur, l'un encore vivant et présentant une augmentation de 3 degrés dans sa température primitive; l'autre mort, avec un accroissement de 5°,5.

Les mammifères paraissent résister avec moins de succès aux températures extrêmes que les oiseaux; ainsi, à zéro, le cochon d'Inde n° 1 a abaissé sa chaleur propre de 3°,7, et le n° 2, de 3°, 2; à 30 degrés, le n° 1 l'a élevée de 1 degré, et à 32 degrés de 3 degrés.

Le dernier tableau a trait à l'étude des phénomènes mentionnés dans des conditions qui ont déjà pour effet d'influencer fortement la respiration en abaissant considérablement le chiffre du carbone brûlé. Je veux parler de l'état d'inanition.

On trouve, et ce n'est peut-être pas sans intérêt, que le rapport dans la quantité d'acide carbonique produit aux diverses températures se conserve le même que dans les expériences précédentes; c'est-à-dire que l'acide carbonique émis à zéro est le double de celui émis entre 30 et 40 degrés.

Ainsi, le jour, à zéro, il est pour la tourterelle, par heure, de $0^{gr},652$; et de 30 à 40 degrés, de $0^{gr},319$ en moyenne.

Cependant les phénomènes de l'inanition sont changés; car, à la température ordinaire, l'acide carbonique serait par heure, pendant le jour, de $0^{gr},440$ seulement.

La nuit perd aussi son action. Sous son influence, on a recueilli la même dose d'acide carbonique que pendant le our aux deux températures extrêmes.

Mais ce qui peut-être est le plus digne d'attention, c'est que la chaleur, qui a constamment pour résultat, dans les circonstances ordinaires, de diminuer la proportion du carbone brûlé, n'a plus produit cet effet, même la nuit, sur la tourterelle en question.

Cet oiseau qui, à la température ordinaire, la nuit, eût donné $0^{gr},264$ d'acide carbonique, n'a pu être amené à exhaler moins de $0^{gr},284$ entre 30 et 40 degrés. Il paraît qu'arrivé à ce point on touche à la limite minimum de la production d'acide carbonique avec laquelle la vie soit compatible chez les tourterelles.

On voit aussi, dans le tableau n° VII, que la crécerelle à l'état d'inanition n'a exhalé, par heure, à 33 degrés, qu'une bien faible proportion d'acide carbonique, $0^{gr},336$; si l'on compare cette quantité à celle que ce même oiseau a donnée à 3 degrés au-dessous de zéro, dans des conditions normales, quantité qui monte à $1^{gr},861$, on trouve le rapport de 1 à 5,5. Il est assez extraordinaire que l'on puisse modifier aussi profondément une fonction sans que la vie soit immédiatement menacée.

Cette crécerelle qui, nourrie régulièrement, avait montré entre 28 et 29 degrés tous les signes d'un grand malaise, puisque ses inspirations s'étaient élevées par minute à cent quatre-vingts et qu'elle avait constamment tenu son bec ouvert, a présenté au contraire, pendant l'inanition, à 33 degrés, une respiration douce dont les mouvements étaient difficiles à compter; le bec est resté fermé et l'animal tranquille. Cependant il y avait encore quatre-vingt-quatorze inspirations à la minute au lieu de cinquante à soixante, nombre ordinaire.

Sa température propre s'est accrue de 2°,2 dans ce dernier cas, et de 1°,4 dans le précédent. Quant à la tourterelle, elle n'a éprouvé dans sa température que des variations légères et dans des sens différents lorsque la chaleur a été maintenue aux environs seulement de 30 degrés. Quand elle est devenue excessive, elle a résisté, autant qu'elle a pu le faire, à son envahissement. Ainsi, dans l'expérience de nuit du 15 novembre (*voir* le tableau n° VII), elle a commencé par reprendre sa température intérieure primitive; ce qui a produit 4°,3 d'augmentation dans le cloaque. En outre, la superficie de son corps et son plumage ont absorbé ainsi une quantité considérable de chaleur, ce que la main apprécie très-bien; elle ne ressent plus cette sensation de froid que lui communique toujours, surtout la nuit, un animal inanitié.

De plus, et bien que la tourterelle ne reçût pas de bois-

son, elle s'est débarrassée d'une partie de la chaleur en excès par une transpiration aussi abondante que celle exhalée par un oiseau nourri régulièrement.

Le froid a abaissé la température de cet oiseau de 1°,5 dans le cloaque, et de 2°, 5 sous l'aile.

La transpiration s'est maintenue toujours assez abondante dans les hautes températures. On sait cependant qu'à l'état d'inanition cette fonction a une grande tendance à s'annihiler.

TABLEAU N° I. — *Acide carbonique exhalé dans la respiration des petits oiseaux à la température ambiante.*

DÉSIGNATION ET POIDS de L'OISEAU.	ÉPOQUE de L'ANNÉE.	ÉPOQUE DE LA JOURNÉE.	DURÉE de l'expérience.	TEMPÉRAT. de la cloche au milieu de l'expér.	ACIDE carbonique dosé.	ACIDE carbon. par heure.	CARBONE brûlé en 1 heure.	REMARQUES.
		h m h m	h m	°	gr	gr	gr	
Serin femelle, 15gr,5....	5 août 1844	De 12.11 mat. à 1.11 soir.	1. 0	19,5	0,264	0,264	0,072	
Id.	5 août.	De 2.21 soir à 3.21 soir.	1. 0	20,5	0,253	0,253	0,069	
Id.	6 août.	De 11.50 mat. à 1. 8 soir.	1.18	19,0	0,281	0,216	0,059	
Id.	20 novemb.	De 11.40 mat. à 1.10 soir.	1.30	16,0	0,413	0,270	0,074	
Serin mâle.............	8 janv. 1845	De 9.26 mat. à 11.32 mat.	2. 6	15,0	0,504	0,240	0,065	
Pinçon mâle, 21gr,8.....	10 mai 1844.	De 12. 0 mat. à 2. 8 soir.	2. 8	20,2	0,669	0,314	0,085	
Verdier mâle n° 1, 25gr,4.	17 août.	De 10.30 mat. à 3. 5 soir.	5. 0	20 à 22	1,636	0,323	0,088	
Id. n° 2, 24 gr..	3 novemb.	De 8.10 mat. à 9.10 mat.	1. 0	14,0	0,302	0,302	0,082	
Id. n° 3, 26 gr..	19 août.	De 10.20 mat. à 11.31 mat.	1.11	19,0	0,347	0,293	0,079	
Id. id.	19 août.	De 12.37 mat. à 1.42 soir.	1. 5	21,0	0,310	0,286	0,078	
Id. id.	21 août.	De 1. 4 soir à 2. 4 soir.	1. 0	22,0	0,285	0,285	0,078	
Moineau de montagne, 52 grammes..........	19 novemb.	De 2.50 soir à 3.50 soir.	1. 0	15,0	0,486	0,486	0,132	
Id.	3 janv. 1845	De 3.20 soir à 4.55 soir.	1.35	14,0	0,777	0,490	0,133	

Tableau N° IV. — *Transpiration des petits oiseaux dans les conditions ordinaires de température.*

DÉSIGNATION ET POIDS de L'OISEAU.	ÉPOQUE de L'ANNÉE.	ÉPOQUE DE LA JOURNÉE.	DURÉE de l'expérience	TEMPÉRATURE de l'air ambiant.	PERTE éprouvée par les transpirat. pulmon. et cutanée pendant l'expér.	Même perte dans l'espace de 1 heure.	REMARQUES.
Verdier n° 1...........	23 août 1844.	De 10h 3m à 11h 13m	1h 9m	17°,6 à 18°,6	0gr,176	0gr,152	
Id.	26 août.	De 9.46 à 10.53	1. 7	16,8 à 18	0,189	0,169	
Id.	28 août.	De 8.53 à 10. 8	1.15	16,7 à 18,5	0,254	0,203	
Id.	30 août.	De 10.13 à 12.13	2. 0	19 à 20,5	0,558	0,279	
Id.	6 septembre	De 9.30 à 3.45	6.15	19 à 20,4	1,072	//	
Id.	24 août.	De 9.28 à 10.49	1.21	18,4 à 19	0,199	0,147	
Verdier mâle n° 4, 24 gr...	24 août.	De 12.50 à 1.50	1. 0	20,5	0,267	0,267	
Id.	27 août.	De 10. 4 à 11,29	1.25	17 à 18	0,224	0,158	
Id.	28 août.	De 10.27 à 12. 2	1.35	18	0,277	0,175	
Verdier mâle n° 5, 25 gr....	20 novembre.	De 10. 0 à 11. 7	1. 7	13	0,433	0,387	
Verdier mâle n° 6.........	22 août.	De 10. 0 à 10.57	0.57	18	0,481	0,506	
Moineau de montagne......	19 novembre.	De 2.50 à 3.50	1. 0	15	0,338	0,338	

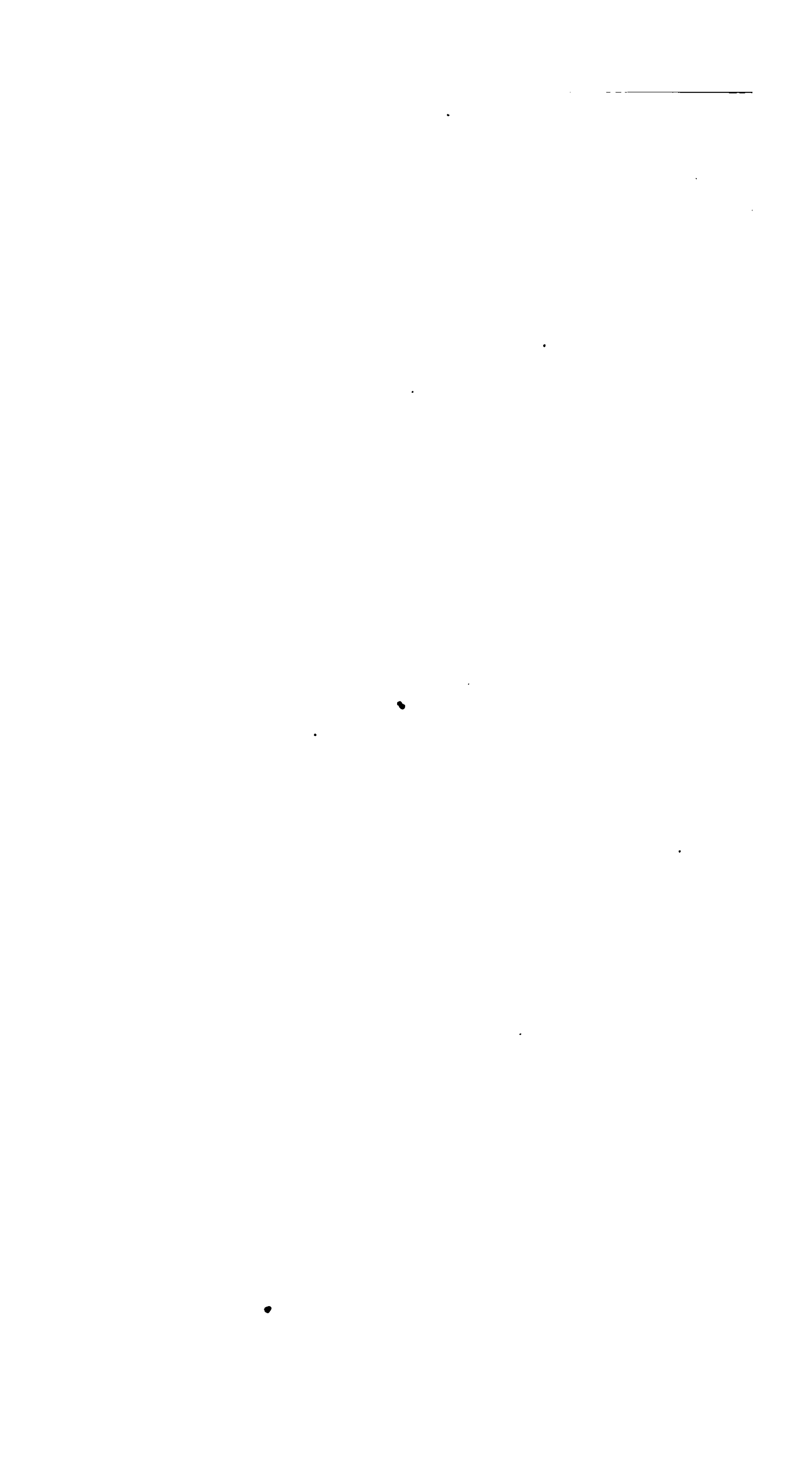


Tableau N° V. — Acide car[illegible] ...tion des petits oiseaux dans les conditions ordinaires de température.

DÉSIGNATION ET POIDS de L'OISEAU.	ÉPOQUE de L'ANNÉE.	ÉPOQUE DE LA JOURNÉE.	Durée de l'expér.	[illegible] celui	[illegible]RNÉE.	DURÉE de l'expérience	TEMPÉRATURE de l'air ambiant.	PERTE éprouvée par les transpirat. pulmon. et cutanée pendant l'expér.	Même perte dans l'espace de 1 heure.	REMARQUES.
Acide carbonique exhalé à la temp[illegible]							o o 6 à 18,6	gr 0,176	gr 0,152	
Tourterelle mâle n° 1,	**1844.**	h m h m	h m	o	gr		[illegible]	0,189	0,169	
185 grammes	27 févr.	″	″	″	″	0,8[illegible]		[illegible],254	0,203	
Tourterelle mâle n° 2,										
157 grammes	27 juill.	De 11.30 à 12.50	1.20	20	1,042	0,781			0,279	
Id.	2 août.	De 10.35 à 11.43	1. 8	21	1,865	0,763	0,[illegible]			
Tourterelle n° 6,										
142gr,3	31 juill.	De 11. 0 à 12.10	1.10	19	0,700	0,600	0,16[illegible]			
Id.	1 août.	De 10.47 à 11.54	1. 7	20	0,556	0,501	0,136			
Id.	2 août.	De 1.40 à 2.45	1. 5	21	0,583	0,538	0,147			
	1843.									
Id.	21 févr.	De 1.57 à 3.51	1.54	15	1,306	0,684	0,186	0,6[illegible]		
	1844.									
Crécerelle, 194gr	29 nov.	De 3.30 à 4.30	1. 0	12	0,946	0,946	0,258	″		
Id.	6 déc.	De 3.51 à 4.36	0.45	17	0,697	0,923	0,251	″		
Id.	7 déc.	De 1.16 à 3.00	1.44	17	1,641	0,947	0,258	″		[illegible] duit est un peu plus [illegible] qu'à l'état ordinaire.
	1848.									
Id.	22 févr.	De 9.41 à 11.46	2. 5	18	1,888	0,906	0,247	″	″ ″ ″	L'expérience du 22 février est tout à fait [illegible]

[illegible]	[illegible] nov.	De [illegible] 40 à 4. 8	[illegible]	[illegible]								
Tourterelle femelle n° 4, 130 grammes.	14 nov.	De 11. 3 à 12. 8	1. 5	33 à 36	0,41							
Tourterelle mâle n° 5, 163 grammes.	13 nov.	De 10.49 à 12.55	2. 6	30	0,919	0						
	1845.											
Tourterelle n° 6.	20 févr.	De 9.56 à 10.56	1. 0	36	0,336	0,3.						
La crécerelle.	22 févr.	De 3.14 à 4. 0	0.46	28 à 29	0,436	0,569						
Tourterelle de petite espèce, 66 grammes.	1844. 2 nov.	De 2.47 à 3.45	0.58	37 à 40	0,178	0,184	0,					
Id.	8 nov.	De 10 34 à 12.47	2.13	30	0,312	0,141	0,0					
Id.	11 nov	De 11.10 à 2.43	3.33	30 à 33	0,505	0,142	0,039					

Acide carbonique exhalé à température basse.

	1844.											
Tourterelle n° 1.	30 oct.	De 2.54 à 4 25	1.31	—2 à +2	1,697	1,119	0,305	//				
Id.	31 oct.	De 9. 4 à 10.42	1.38	—2 à +2	1,825	1,117	0,305	//	//			
Tourterelle n° 2.	9 août.	De 12.11 à 1.11	1. 0	— 3 à 0	1,581	1,581	0,431	//	//	//	//	Bien portante.
Id.	31 oct.	De 1.20 à 2.20	1. 0	— 3 à 0	0,948	0,948	0,258	//	//	//	//	En voie rapide de dépérissement.
	1845.											
Tourterelle n° 6.	20 févr.	De 12.30 à 2. 1	1.31	— 5	1,479	0,974	0,265	//	//	//	//	
La crécerelle.	21 févr.	De 10.20 à 12. 1	1.41	— 3	3,132	1,861	0,508	//	//	//	//	
Id.	23 févr.	De 1.12 à 2.12	1. 0	0	1,360	1,360	0,370	//	//	41,1	40,9	
Tourterelle de petite espèce, 66 grammes.	1844. 1 nov.	De 11.12 à 1.12	2. 0	0	0,490	0,368	0,100	//	//	//	//	

Tableau N° V. — *Acide carbonique exhalé dans la respiration des oiseaux dont le poids s'élève de 130 grammes à 200 grammes, sous l'influence des diverses températures.*

DÉSIGNATION ET POIDS de L'OISEAU.	ÉPOQUE de L'ANNÉE.	ÉPOQUE DE LA JOURNÉE.	DURÉE de l'expér.	TEMPÉRATURE de l'enceinte.	ACIDE carbonique dosé.	ACIDE CO^2 par heure	CARBONE brûlé en 1 h	PERTE éprouvée par les deux transpirations pend. l'exper	PERTE éprouvée par les deux transp dans l'espace de 1 h.	TEMPÉRATURE propre de l'animal, au commenc de l'exp.	TEMPÉRATURE propre de l'animal, à la fin de l'expérience.	REMARQUES.
		Acide carbonique exhalé à la température ambiante.										
		h m h m	h m	o	gr	gr	gr	gr	gr			
Tourterelle mâle n° 1, 185 grammes	**1844.** 27 févr.	"	"	"	"	0,850	0,232	"	"	"	"	
Tourterelle mâle n° 2, 157 grammes... ..	27 juill.	De 11.30 à 12.50	1.20	20	1,042	0,781	0,213	"	"	"	"	
Id.	2 août.	De 10.35 à 11.43	1. 8	21	1,865	0,763	0,208	"	"	"	"	
Tourterelle n° 6, 142gr,3........ ..	31 juill.	De 11. 0 à 12.10	1.10	19	0,700	0,600	0,164	"	"	"	"	
Id.	1 août.	De 10.47 à 11.54	1. 7	20	0,556	0,501	0,136	"	"	"	"	
Id.	2 août.	De 1.40 à 2.45	1. 5	21	0,583	0,538	0,147	"	"	"	"	
Id.	**1845.** 21 févr	De 1.57 à 3.51	1.54	15	1,306	0,684	0,186	0,609	0,318	"	"	
Crécerelle, 194gr.....	**1844.** 29 nov.	De 3.30 à 4.30	1. 0	12	0,946	0,946	0,258	"	"	"	"	Les trois prem. expér. ont été faites sur la crécerelle au sortir d'une abstinence complète qui avait duré trois jours. Dans cette circonstance, l'acide carbon. que produit est un peu plus élevé qu'à l'état ordinaire.
Id.	6 déc.	De 3.51 à 4.36	0.45	17	0,697	0,923	0,251	"	"	"	"	
Id.	7 déc.	De 1.16 à 3.00	1.44	17	1,641	0,947	0,258	"	"	"	"	
Id.	**1848.** 22 fév.	De 9.41 à 11.46	2. 5	18	1,888	0,906	0,247	"	"	"	"	L'expérience du 22 février est tout à fait ré

[illegible] Tourterelle mâle n° 3.	[illegible] nov.	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	"	"	[illegible] sous l'aile.	[illegible] sous l'aile.	
Tourterelle femelle n° 4, 130 grammes.	14 nov.	De 11. 3 à 12. 8	1. 5	33 à 36	0,410	0,378	0,103	1,003	0,925	41,5 cloaq.	43,0 cloaq.	
Tourterelle mâle n° 5, 163 grammes.	13 nov.	De 10.49 à 12.55	2. 6	30	0,919	0,438	0,119	1,280	0,609	43,0 cloaq.	42,7 cloaq.	
	1848.											
Tourterelle n° 6.....	20 févr.	De 9.56 à 10.56	1. 0	36	0,336	0,336	0,091	1,10	1,10	"	"	
La crécerelle........	22 févr.	De 3.14 à 4. 0	0.46	28 à 29	0,436	0,569	0,146	1,00	1,30	40,3	41,7	Les inspirations se sont élevées à 170 et 180 degrés par minutes.
Tourterelle de petite espèce, 66 grammes.	1844. 2 nov.	De 2.47 à 3.45	0.58	37 à 40	0,178	0,184	0,041	0,336	0,347	"	"	
Id.	8 nov.	De 10 34 à 12.47	2.13	30	0,312	0,141	0,039	0,440	0,200	"	"	
Id.	11 nov	De 11.10 à 2.43	3.33	30 à 38	0,505	0,142	0,039	1,085	0,305	"	"	

Acide carbonique exhalé à température basse.

	1844.											
Tourterelle n° 1.....	30 oct.	De 2.54 à 4 25	1.31	—2 à +2	1,697	1,119	0,305	"	"	42,5 sous l'aile.	42,0 sous l'aile.	
Id.	31 oct.	De 9. 4 à 10.42	1.38	—2 à +2	1,825	1,117	0,305	"	"	42,5 sous l'aile.	41,75 sous l'aile.	
Tourterelle n° 2.....	9 août.	De 12.11 à 1.11	1. 0	— 3 à 0	1,581	1,581	0,431	"	"	"	"	Bien portante.
Id.	31 oct.	De 1.20 à 2.20	1. 0	— 3 à 0	0,948	0,948	0,258	"	"	"	"	En voie rapide de dépérissement.
	1848.											
Tourterelle n° 6.....	20 févr.	De 12.30 à 2. 1	1.31	— 5	1,479	0,974	0,265	"	"	"	"	
La crécerelle........	21 févr.	De 10.20 à 12. 1	1.41	— 3	3,132	1,861	0,508	"	"	"	"	
Id. ,....	23 févr.	De 1.12 à 2.12	1. 0	0	1,360	1,360	0,370	"	"	41,1	40,9	
Tourterelle de petite espèce, 66 grammes.	1844. 1 nov.	De 11.12 à 1.12	2. 0	0	0,490	0,368	0,100	"	"	"	"	

Tableau N° VI. — *Acide carbonique produit dans la respiration des mammifères aux diverses températures.*

DÉSIGNATION ET POIDS de L'ANIMAL.	ÉPOQUE de L'ANNÉE.	ÉPOQUE DE LA JOURNÉE.	DURÉE de l'expér.	TEMPÉRATURE de l'enceinte.	ACIDE CO^2 dosé.	ACIDE CO^2 par heure.	CARBONE brûlé dans 1 h.	TEMPÉRATURE propre de l'anim. prise dans le rectum — au comm. de l'exp.	TEMPÉRATURE propre de l'anim. prise dans le rectum — à la fin de l'exp.	REMARQUES.
Acide carbonique exhalé à la température ambiante.										
		h m — h m s	h m s	°	gr	gr	gr	°	°	
Cochon d'Inde mâle n° 1, adulte, 790 grammes..	1844. 6 nov.	De 4.0 à 5. 0. 0	1. 0. 0	16	2,058	2,058	0,561	"	"	
Cochon d'Inde femelle, n° 2, 613 grammes....	24 févr.	De 9.48 à 11,29.30	1.41.30	19	2,537	1,500	0,409	"	"	
Deux souris adultes, pesant ensemble 29gr,8..	19 févr.	De 9.16 à 10.38. 0	1.22. 0	16	0,681	0,498	0,135	"	"	
Acide carbonique exhalé à une température élevée.										
Cochon d'Inde n° 1.. ..	6 nov.	De 1.46 à 2.31. 0	0.45. 0	30	1,066	1,434	0,391	36,5	37,5	
Id.	10 nov.	De 9.40 à 11.40. 0	2. 0. 0	30 à 32	2,946	1,473	0,401	37,8	40,8	
Cochon d'Inde n° 2......	1845. 24 févr.	De 2.48 à 3.48. 0	1. 0. 0	37	1,534	1,534	0,418	37,6	43,1	Mort pendant l'expérience.
Cochon d'Inde mâle n° 3, pesant 750 grammes...	1844. 7 nov.	De 1.52 à 2.24. 0	0.32. 0	40	0,883	1,655	0,451	35,5	38,5	Mort à la suite de de l'experience.
Deux souris...........	1845. 18 févr.	De 9.27 à 10.47. 0	1.20. 0	37	0,358	0,268	0,073	"	"	
Acide carbonique exhalé à une température basse.										
Cochon d'Inde n° 1.....	1844. 7 nov.	De 9. 3 à 10. 3. 0	1. 0. 0	0	3,006	3,006	0,819	35,7	32,0	
Cochon d'Inde n° 2.....	1845. 23 févr.	De 10. 1 à 11.42.30	1.41.30	0	3,809	2,251	0,614	37,5	34,0	
Cochon d'Inde n° 3.....	1844. 6 nov.	De 10. 7 à 11.28. 0	1.21. 0	0	3,183	2,357	0,643	"	"	
Deux souris............	17 févr.	De 10.55 à 1.11. 0	2.16. 0	— 5	1,206	0,531	0,145	"	"	

DÉSIGNATION de L'OISEAU.	ÉPOQUE de L'ANNÉE.	ÉPOQUE DE LA JOURNÉE.	DURÉE de l'expér.	TEMPÉRATURE de l'enceinte.	ACIDE carbonique dosé.	ACIDE carbonique par heure.	CARBONE brûlé en 1 heure	EAU perdue par la transpiration pend. l'exp.	EAU perdue par la transpiration dans 1 heure	TEMPÉRATURE propre de l'animal, au commenc. de l'exp.	TEMPÉRATURE propre de l'animal, à la fin de l'expérience.	REMARQUES.
Acide CO² exhalé à la température ambiante.												
	1844.	h m h m	h m	°	gr	gr	gr	gr	gr	°	°	
Crécerelle........	27 nov.	De 2.24 à 3.44	1.20	13	1,050	0,788	0,215	0,313	0,234	40,6	41,9	Après deux jours d'inanition pendant le jour.
	27 nov.	De 7.42 à 9.17	1.35	11,5	0,829	,,524	0,143	0 590	0,370	39,7	39,5	Après deux jours et qq. heures d'inanit. La nuit.
	28 nov.	De 8.30 à 10. 0	1.30	10	0,985	1,657	0,179	0,231	0,150	40,5	41,7	Après trois jours d'inan. au commen. de la journée.
Acide CO² exhalé à une température élevée.												
Même tourterelle que celle portant précédemment le n° 5...........	14 nov.	De 2. 5 à 3.36	1.31	30 à 33	0,582	0,372	0,101	0,931	0,613	43,3 cloaq.	42,7 cloaq.	De jour. Après vingt-quatre heures d'inanition.
	15 nov.	De 10.32 à 11.32	1. 0	35	0,331	0,331	0,090	1,090	1,090	42,8 cloaq.	43,3 cloaq	De jour. Après deux jours d'inanition.
	15 nov.	De 7.38 à 8.41	1. 3	37	0,309	0,294	0,079	0,986	0,938	39,0 cloaq	43,3 cloaq.	De nuit. Après deux jours et quelq. heures d'inanit.
	17 nov.	De 10.33 à 11.38	1. 5	33	0,305	0,281	0,077	0,872	0,805	42,4 cloaq.	41,4 cloaq.	De jour. Après quatre jours d'inanition.
Crécerelle........	1848. 25 févr.	De 9.51 à 12.10	2.19	33	0,779	0,336	0,091	1,520	0,660	39,7 cloaq.	41,9 cloaq.	De jour. Après quarante-quatre heures d'inanition.
Acide carbonique exhalé à une température basse.												
Même tourterelle...	1844. 16 nov.	De 11.25 à 1. 0	1.35	—2 à +2	1,032	0,652	0,178	"	"	42,7 cloaq.	41,2 cloaq.	De jour. Après trois jours d'inanition.
Id. ...	16 nov.	De 7.44 à 9. 4	1.20	0	0,880	0,660	0,180	"	"	39,4 cloaq. 38,0 s. l'aile	37,6 cloaq. 37,5 s. l'aile	De nuit. Après trois jours et quelq. heures d'inanit.

RECHERCHES EXPÉRIMENTALES

SUR

LE DÉVELOPPEMENT DE LA GRAISSE

PENDANT L'ALIMENTATION DES ANIMAUX.

§ I. — Ces recherches ont été entreprises dans l'espoir d'éclairer une des questions physiologiques les plus controversées, celle de l'origine de la graisse des animaux. En s'appuyant sur la pratique des nourrisseurs, on est assez naturellement conduit à penser que les matières sébacées de l'organisme dérivent uniquement des analogues aux corps gras préexistant dans les aliments végétaux ; et, dans cette hypothèse, la quantité de graisse fixée ou sécrétée par un animal dans un temps donné serait à peu près représentée par les substances solubles dans l'éther et l'alcool, mais insolubles dans l'eau, qui font partie des fourrages consommés. D'un autre côté, on a expliqué la formation de la graisse par une simple modification des principes à composition ternaire qui entrent habituellement, pour une très-forte proportion, dans la nourriture des herbivores; ainsi, d'après cette manière de voir, l'amidon, le sucre, la gomme, le sucre de lait pourraient être changés en corps gras en perdant, sous l'influence vitale, une partie de leur oxygène [1].

Entre ces deux opinions extrêmes, dont l'une voit la graisse toute formée dans les aliments, tandis que l'autre

---

[1] Liebig, *Chimie organique appliquée à la Physiologie et à la Pathologie*, 1842.

admet qu'elle est élaborée dans le sang et même avec les matériaux du sang, vient se placer une opinion plus modérée, et qui s'est fortifiée par la connaissance de certains phénomènes de fermentation, observés dans ces derniers temps, établissant que le sucre en contact avec certains ferments azotés peut donner naissance à des acides gras, à des huiles : c'est ainsi que le sucre produit de l'acide butyrique lorsqu'il est soumis à l'influence du caséum en putréfaction ; c'est également pendant la fermentation des pommes de terre, des betteraves, des céréales, du marc de raisin, qu'apparaît une huile que l'on considère aujourd'hui comme l'alcool de l'acide valérianique, acide primitivement découvert par M. Chevreul dans la graisse du dauphin et du marsouin. Il est donc possible que, dans l'acte de la digestion, le sucre ou ses congénères subissent une fermentation spéciale donnant des matières grasses, qui, une fois formées, seraient absorbées par les chylifères. On le voit, cette opinion mixte se confond, au point de vue physiologique, avec celle qui soutient la préexistence des matières grasses dans la nourriture; car il importe peu, physiologiquement parlant, que la graisse assimilée soit ingérée directement, ou qu'elle prenne naissance dans l'estomac, cavité où les aliments sont encore en dehors de l'organisme animal ([1]). Si cette transformation s'effectue réellement dans l'estomac, et ce n'est point encore suffisamment démontré, les animaux partageraient avec les végétaux la faculté de créer des corps gras, et cela probablement par des moyens analogues. On voit, en effet, l'amidon et la matière sucrée disparaître graduellement dans les plantes, à mesure que la matière grasse s'accumule dans leurs graines. La séve des palmiers est une abondante source de sucre jusqu'au moment où le fruit devient une source

---

([1]) Dumas, Boussingault et Payen, *Recherches sur l'engraissement* (*Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. VIII, p. 63).

d'huile non moins productive. Je mentionnerai enfin, pour compléter ce rapide exposé des idées émises sur la production de la graisse, l'opinion qui attribue aux principes azotés des aliments la propriété de concourir efficacement à la production du tissu adipeux; c'est cette opinion que j'avais adoptée tacitement à l'époque de mes premières recherches sur la valeur alimentaire des fourrages, alors que je considérai leur élément azoté comme le plus nutritif, le plus important, suffisant seul au développement de la chair des animaux en croissance, à la sécrétion du lait, à l'engraissement. Au reste, aucune des hypothèses que je viens de rappeler n'est en opposition formelle avec celle qui reconnaît, dans les matières grasses bien caractérisées des plantes, l'origine la plus directe, la moins contestable de la graisse accumulée dans les animaux soumis à un régime surabondant.

La question de la production de la graisse pendant l'alimentation a soulevé une controverse des plus vives; on a beaucoup discuté et très-peu expérimenté. J'ai donc cru faire une chose utile en entreprenant ces recherches. J'avais eu d'abord le projet de limiter mes observations à l'examen d'un seul point de la question, celui de savoir s'il est possible d'engraisser des porcs en les nourrissant uniquement avec des pommes de terre ne contenant qu'une proportion insignifiante de matières grasses. Il est de toute évidence que, si l'amidon se convertit en graisse pendant l'acte de la digestion, il y aurait, en général, un avantage décidé à opérer l'engraissement avec les tubercules, puisque la porcherie n'aurait plus à supporter la dépense assez élevée qu'occasionne l'introduction des pois, du seigle, du maïs dans la ration; mais il m'a paru convenable de donner plus d'extension à mes expériences. C'est ainsi que j'ai été conduit à suivre avec une minutieuse attention le développement du porc, depuis sa naissance, en tenant un compte exact des aliments consommés pendant sa croissance et son

engraissement. Enfin j'ai suivi avec le même soin l'engraissement de quelques oiseaux de la basse-cour. Comme j'ai exécuté ces recherches en me dégageant de toute idée préconçue, je me bornerai, dans ce qui va suivre, à présenter les faits dans l'ordre où ils ont été observés, les livrant ainsi à l'appréciation de chacun.

§ II. — Porcs mis au régime exclusif des pommes de terre.

Trois jeunes porcs, âgés de huit mois, issus de la même mère, ont pesé :

Le n° 1.........	60,55 kg
Le n° 2.........	60,00
Le n° 3.........	59,50

Les n°s 2 et 3 ont été mis au régime exclusif des pommes de terre cuites, délayées dans l'eau additionnée d'une petite quantité de sel marin. Chaque porc a été logé dans une cellule planchéiée, afin de ne pas être obligé de donner de la litière. Cette précaution était indispensable, parce que le porc est très-porté à manger la paille de son coucher, lorsqu'il ne reçoit que des racines ou des tubercules pour aliment. Les deux porcs séquestrés ne sortaient que rarement, et uniquement pour aller se baigner. Les cellules avaient une lucarne par laquelle les animaux pouvaient regarder au dehors; on avait adopté cette disposition pour obvier aux inconvénients graves qu'un régime cellulaire trop rigoureux n'eût pas manqué de présenter.

Les pommes de terre étaient cuites à la vapeur, écrasées entre deux cylindres, et délayées dans de l'eau de fontaine. Cette nourriture était donnée à discrétion et distribuée deux fois par jour.

Au moment où les porcs n°s 2 et 3 entrèrent en cellule, le porc n° 1 fut tué.

[illegible] 3.

[illegible] moment où [illegible] au four: [illegible] élevée à [illegible] a été [illegible] épaisse [illegible] grasse dans la pomme de [illegible]

[illegible] pomme de terre jaune ancienne, du poids de [illegible] a été coupée en tranches minces; on l'a fait bouillir pendant une heure et demie dans de l'acide chlorhydrique étendu d'eau. Les tranches ont conservé leur forme; elles avaient pris un aspect gélatineux, cependant l'amidon était éliminé, car, jetées sur un filtre, lavées à grande eau

et desséchées, les tranches n'ont plus pesé que $0^{gr},98$; ce résidu pulvérisé a été mis en digestion dans l'éther. On a retiré en totalité $0^{gr},110$ d'une substance grasse ayant la consistance du beurre, très-fusible, d'un jaune tirant au brun, sans saveur, et d'une odeur assez agréable. Soit 0,0015 de matière grasse dans la pomme de terre jaune.

(*c*) On pouvait présumer que la plus grande partie du principe huileux de la pomme de terre résidait dans la pelure du tubercule; c'est ce qui a lieu en effet. 5 kilogrammes de pommes de terre pelées, comme on le pratique ordinairement, ont fourni 770 grammes d'épluchures, qui, séchées à l'air, se sont réduites à 232 grammes.

$2^{gr},59$ de ces pelures ont donné, par des traitements successifs, faits à l'aide de l'éther, une matière huileuse épaisse, incolore, d'une odeur nauséabonde et d'une saveur âcre; par une exposition prolongée dans l'étuve, l'odeur et la saveur ont disparu. L'huile, à sa sortie de l'étuve, a pesé $0^{gr},090$. Des 252 grammes de pelures séchées à l'air, on eût retiré $8^{gr},062$ de graisse; et comme ces pelures provenaient de 5 kilogrammes de tubercules, on peut admettre que la pomme de terre examinée renfermait au minimum 0,0016 de matière grasse, puisqu'on néglige la petite quantité d'huile qui devait nécessairement se trouver dans la substance amylacée.

(*d*) Une pomme de terre rouge du poids de $43^{gr},28$, traitée par l'acide et par l'éther, a donné $0^{gr},085$ d'une matière huileuse, légèrement colorée en rose. Soit 0,002 de matière grasse.

En résumé :

(*a*) a fourni......	0,0021	de principes gras.
(*b*) a fourni......	0,0015	»
(*c*) a fourni......	0,0016	»
(*d*) a fourni......	0,0020	»
Moyenne.......	0,0018	»

On peut donc, sans crainte d'erreur sensible, admettre que 1000 kilogrammes de pommes de terre renferment 2 kilogrammes de matière grasse, et cela d'autant mieux, qu'il est vraisemblable que, pendant la dessiccation du résidu de l'évaporation de la dissolution éthérée, on perd une certaine quantité d'une huile odorante. Je dois cependant faire observer que je n'ai pas réussi à obtenir ce principe volatil en distillant avec l'eau, non-seulement la pomme de terre, mais même les pelures du tubercule. L'eau qui a passé à la distillation avait l'odeur de l'eau-de-vie de pommes de terre, une saveur très-perceptible; mais je n'ai pas obtenu une seule goutte d'huile, bien que j'opérasse sur d'assez fortes quantités de matières.

Résultats obtenus avec le porc n° 2 :

	kg
Au commencement de l'expérience le porc n° 2 pesait..	60,00
Après quatre-vingt-treize jours de régime aux pommes de de terre, il a pesé..........................	67,24
Augmentation de poids en quatre-vingt-treize jours...	7,24
Par jour..	0,08

Il est à remarquer que l'accroissement du poids diurne, constaté sur les jeunes porcs dans la quinzaine qui a précédé les observations, oscillait entre 0^{kg}, 20 et 0^{kg}, 30. Les porcs recevaient alors par jour 3^{kg}, 6 à 3^{kg}, 9 de pommes de terre, délayées dans une dizaine de litres de petit-lait mêlé à des eaux grasses ou à des résidus de cuisine. Le porc n° 2 était en bonne santé. Dans les quarante et un jours qui ont suivi la mise en cellule, ce porc a mangé :

	kg
Par jour, 6 kilogrammes de pommes de terre cuites, soit.	246
Dans les cinquante-deux jours, la ration n'a plus été que de 5 kilogrammes, soit....................	260
Pommes de terre cuites consommées en quatre-vingt-treize jours..............................	506

J'ai trouvé, en faisant cuire à la vapeur de fortes quantités de tubercules, qu'en moyenne 100 kilogrammes de pommes de terre en perdent 7 par la cuisson; par conséquent, 506 kilogrammes de tubercules cuits représentent 544 kilogrammes de pommes de terre crues, renfermant, d'après les essais précédents, $1^{kg},09$ de matières grasses. Durant les quatre-vingt-treize jours, le porc a rendu 104 kilogrammes d'excréments humides, renfermant, pour 100, 16 de substances sèches. L'excrément sec a abandonné à l'éther 2,2 pour 100 d'une matière grasse jaunâtre, très-fusible et ayant la consistance du suif. Ainsi, en quatre-vingt-treize jours, le porc n° 2 a rendu $16^{kg},6$ de substance sèche, dans laquelle il entrait $0^{kg},37$ de graisse dont il faudra tenir compte.

Résultats de l'abatage du porc n° 2, pesant $67^{kg},27$:

	kg	
Lard sans la peau	11,32	16,27 kg
Saindoux	2,32	
Autre graisse adhérente à l'intérieur	1,53	
Graisse retirée des os par l'ébullition	1,10	
Os dégraissés, bouillis et essuyés	4,32	
Peau avec soies	6,82	
Sang recueilli	3,24	
Viande debarrassée de graisse (viande rouge)	26,90	
Foie, langue, larynx, poumons, bile, cœur	2,93	
Cervelle	0,12	
Rognons	0,22	
Estomac et intestins, vidés et lavés	2,76	
Rate	0,17	
Vessie vide	0,05	
Aliments ingérés, excréments, urines, perte	3,47	
	67,27	

Ainsi il y avait dans le porc n° 2 environ 1 kilogramme de graisse de plus qu'il n'en existait dans le porc n° 1; à

cette graisse, il faut encore ajouter celle qui a été retrouvée dans les excréments rendus. Les pommes de terre consommées par le porc n° 2 contenaient assez de principes gras pour expliquer ce développement de graisse, si l'on considère surtout que les matières grasses des tubercules ont été dosées après une fusion préalable, et que, pour cette raison, elles ne renfermaient pas d'humidité.

La graisse de porc, tout au contraire, dans l'état où elle a été pesée, n'était pas exempte d'eau ou de matières étrangères; il convenait donc, pour l'exactitude de la comparaison, de ramener cette graisse à la même condition de sécheresse où se trouvait celle provenant des pommes de terre. J'ai, dans ce but, fait fondre 5 kilogrammes des diverses graisses du porc.

Pertes éprouvées par la graisse du porc pendant sa fusion.

	LARD sans la peau.	SAINDOUX.	GRAISSE adhérente à l'intérieur.	GRAISSE d'os figée à la surface de l'eau.
	k	k	k	k
Poids avant la fonte...........	5,00	5,00	5,00	5,000
Poids après la fonte..........	4,66	4,70	4,56	3,800
Perte due à l'eau vaporisée...	0,34	0,30	0,44	1,200
Poids apr. l'enlèv. des crotons.	4,20	4,30	4,12	"
Perte due aux crotons........	0,46	0,40	0,44	"
Perte totale par la fonte.......	0,80	0,70	0,88	1,20
Perte pour 100...............	16	14	18	24

On peut donc, en prenant la moyenne de la perte éprouvée par les graisses qui sont les plus abondantes, porter à 0,16 le déchet occasionné par la fonte, et admettre que 100 grammes de graisse pesée après l'abatage répondent à 84 de graisse sèche et privée de crotons.

Résumé de l'expérience faite sur le porc n° 2 :

	kg
Le porc n° 1 pesait 60kg,55, et contenait en graisse...	15,48
Le porc n° 2 a pesé 67kg,27, et a donné en graisse...	16,27
Gain probable en graisse........................	0,77
Représentant en graisse fondue..................	0,664
Graisse rendue avec les excréments..............	0,37
Gain total en graisse fait par le n° 2..............	1,03
Dans les 544 kilogrammes de pommes de terre consommées, il entrait en graisse......................	1,09
Excès de la matière grasse contenue dans la nourriture.	0,06

Résultats obtenus avec le porc n° 3 :

	kg
Lors de l'abatage du porc n° 1, le porc n° 3 pesait....	59,50
Après avoir été nourri avec des pommes de terre cuites pendant deux cent cinq jours, il a pesé..........	84,00
Augmentation de poids en deux cent cinq jours......	24,50
Par jour.................................	0,12

La pomme de terre cuite a été donnée par jour à discrétion : voici quelles ont été les quantités consommées à diverses époques :

			Somme. kg
Durant les 10 premiers jours,	ration 5 kilogrammes,		50
les 51 jours suivants,	ration 6	»	306
les 31 jours suivants,	ration 7	»	217
les 65 jours suivants,	ration 8	»	520
les 32 jours suivants,	ration 5	»	160
les 16 derniers jours,	ration 5	»	80
205 jours			1333

Ces 1333 kilogrammes de tubercules cuits répondent à 1433 kilogrammes de pommes de terre crues contenant 2kg,87 de matières analogues à la graisse. Pendant les cinq premiers mois, le porc a mangé sa ration avec avidité ; mais

dans les deux mois suivants l'appétit a diminué et en même temps le poids de l'animal est resté à peu près stationnaire. Les pesées faites à différentes dates montrent comment s'est effectué l'accroissement du porc pendant ce régime.

	POIDS du porc.	AUGMENTATION pendant l'intervalle.	AUGMENTATION diurne.
	k	k	k
Poids initial....................	59,50	"	"
Le 11e jour de la mise en expér.	61,00	1,50	0,136
Le 22e jour..................,	63,00	2,00	0,182
Le 59e jour..................	71,00	8,00	0,216
Le 115e jour..	75,00	4,00	0.072
Le 130e jour.................	77,00	2,00	0,133
Le 149e jour.................	81,00	4,00	0,210
Le 168e jour.................	84,00	3,00	0,158
Le 190e jour.................	85,00	1,00	0,045
Le 205e jour.................	84,00	— 1,00	—0,067

On voit qu'à partir du cent soixante-huitième jour, l'animal ne faisait plus aucun progrès en croissance; son poids commençait même à baisser, circonstance qui m'a déterminé à mettre fin à l'expérience, malgré le désir que j'avais de la prolonger.

Le porc n° 3, sous l'influence de cette nourriture, a émis par jour, en moyenne, 618 grammes d'excréments solides, humides, assez consistants; l'urine n'a pas été recueillie. Trois essais de dessiccation faits à diverses époques ont donné 28, 26, 27 pour 100 de matière sèche; soit en moyenne 27. Cette matière sèche a cédé à l'éther 3 pour 100 de substance grasse ayant la consistance et les propriétés du suif.

Dans les deux cent cinq jours d'observations, le porc a rendu 139 kilogrammes d'excréments solides, humides, devant renfermer, d'après les essais précédents, 37^{kg},53 de matière sèche, dans laquelle il y avait 1^{kg},13 de graisse.

Résultats de l'abatage du porc n° 3, pesant 84 kilogrammes :

	kg	kg
Lard sans la peau	10,00	
Saindoux	3,50	
Autre graisse adhérente à l'intérieur	2,99	
Graisse retirée des os par l'ébullition	1,25	
Os dégraissés, bouillis et essuyés	5,50	17,74
Peau avec soies	7,56	
Sang recueilli	2,60	
Viande débarrassée de graisse (viande rouge).	36,50	
Foie, langue, larynx, poumon, filet, bile, cœur.		
Cervelle		
Rognons		
Estomac et intestins vidés	14,10	
Rate		
Vessie vidée		
Aliments ingérés, excréments, urines, perte		
	84,00	

Résumé de l'expérience faite sur le porc n° 3 :

Le porc n° 1 pesait 60^{kg},55, et contenait en graisse	15,48
Le porc n° 3 a pesé 84^{kg},00, et a donné en graisse.	17,74
Gain probable en graisse	2,26
Représentant en graisse fondue	1,90
Graisse rendue avec les excréments	1,12
Gain total en graisse fait par le n° 3	3,02
Dans les 1433 kilogrammes de pommes de terre consommées, il entrait en graisse	2,87
Différence	0,15

Ces deux observations tendent à établir que l'engraissement du porc ne saurait être réalisé par l'usage des pommes de terre seulement, et il est assez curieux de voir que, dans les deux cas, la graisse acquise par l'animal est presque exactement représentée par la matière grasse qui faisait partie de la nourriture. Au reste, le peu d'efficacité de la

pomme de terre dans l'engraissement du porc a déjà été constaté par plusieurs observateurs, au nombre desquels se place un des plus habiles agronomes de l'Allemagne. En effet, Schwertz reconnaît qu'avec des pommes de terre seules on peut bien produire de la chair : c'est ce que j'ai constaté dans l'alimentation du porc n° 3, où la chair acquise s'est élevée à $12\frac{1}{2}$ kilogrammes; mais il admet aussi qu'avec un semblable régime on ne détermine pas l'engraissement. Voici, au reste, comment Schwertz a formulé son opinion :

« Avec les pommes de terre seules on ne peut que mettre » les porcs bien en chair, mais non en pleine graisse, ainsi » que je m'en suis assuré par des expériences comparatives » longtemps suivies. C'est aussi ce qu'a reconnu un obser- » vateur anglais, M. Roberts. Dans l'engraissement des » porcs, dit-il, je suis arrivé à des mécomptes dans l'em- » ploi de la pomme de terre cuite; dans le commencement, » les porcs se chargent sensiblement de chair, mais leur » développement s'arrête bientôt, quoiqu'ils continuent de » manger avec le même appétit. »

La pratique, comme les deux observations que j'ai rapportées, semble donc prouver que la pomme de terre donnée seule ne développe pas sensiblement de graisse chez les porcs. Cependant, comme il est constant que ce tubercule entre généralement pour une très-forte proportion dans le régime de la porcherie, et que, dans le cas particulier, les trois porcs mis en expérience avaient reçu depuis leur sevrage une nourriture mixte dont la base était réellement la pomme de terre, il convient d'examiner si cette nourriture avait pu porter dans l'organisme la graisse qui s'y trouvait accumulée; car, par l'abatage du n° 1, nous avons econnu que ces porcs, âgés de huit mois, contenaient déjà 15 à 16 kilogrammes de graisse dont l'hypothèse qui considère l'engraissement comme un simple fait d'assimilation aurait à justifier l'origine.

Les porcs avaient été élevés avec le régime ordinaire de la porcherie, et je suis en mesure de donner avec exactitude les quantités des divers aliments consommés par chaque tête depuis le moment du sevrage jusqu'à l'accomplissement du huitième mois.

Jusqu'à l'âge de cinq à six semaines, époque à laquelle cessa l'allaitement, un goret a bu environ 20 litres de lait de vache écrémé, ne contenant plus, d'après l'analyse, que 0,015 de beurre. Dans les trois mois (quatre-vingt-onze jours) qui ont suivi le sevrage, chaque jeune porc a reçu :

		En moyenne par jour.	Au commencement.	A la fin.
	kg	kg	kg	kg
Pommes de terre cuites	227,50	2,50	1,45	3,35
Farine de seigle......	4,55	0,05	»	»
Lait écrémé (caillé)...	27,30	0,30	»	»
Eau grasse..........	364,00	4,08	»	»

Durant les cent onze jours qui ont suivi cette seconde période de l'alimentation et qui complètent les huit mois, le lait et la farine furent supprimés, mais on augmenta progressivement les pommes de terre et l'eau grasse, de sorte que, dans le huitième mois, le porc recevait 4 kilogrammes de tubercules et 10 litres d'eau grasse. On peut considérer la ration moyenne de cette troisième période comme formée de :

Pommes de terre...	3,87 kg ;	pour 111 jours...	420 kg
Eau grasse........	7,00 ;	» ...	770

Ainsi, dans les huit mois, chacun des porcs a consommé :

Lait écrémé contenant...	0,015	de gras....	47,30 kg
Farine de seigle........	0,035	»	4,65
Pommes de terre.......	0,002	»	647,25
Eau grasse............	»	»	1141,00

, Cette quantité d'eau grasse pouvant paraître extraordinaire, il ne

Si nous connaissions la proportion de graisse renfermée dans l'eau grasse, nous arriverions à évaluer la totalité de celle qui entrait dans les aliments consommés par le porc parvenu à l'âge de huit mois. Cette donnée étant indispensable, j'ai dû faire un examen de l'eau grasse.

Examen de l'eau grasse.

Je désigne sous le nom d'*eau grasse* les résidus de la cuisine et de la laiterie qui passent à la porcherie; ces résidus comprennent le petit-lait, le lait de beurre, les eaux de vaisselle et les restes de table provenant d'un personnel d'environ trente laboureurs et journaliers nourris dans l'établissement. On ne fait pas entrer la totalité des eaux de vaisselle dans la nourriture des porcs, mais seulement la partie supérieure et la partie inférieure où se rassemblent, par ordre de densité, la graisse et les débris d'aliments.

Ces résidus sont réunis dans une cuve où le porcher puise

---

sera peut-être pas inutile de rapporter une observation faite pour contrôler les chi
précédents.

Quantités d'eau grasse bue en deux jours par des porcs au régime des pomme de terre.

PORCS.	AGES.	POMMES de terre consommées.	EAU grasse bue.	POMMES de terre par tête et par jour.	EAU GRASSE par tête et par jour.	REMARQUES
		kg	lit	kg	lit	
Deux truies..	11 mois.	17	60	4,25	15,00	Trois repas jour en été.
Quatre porcs.	10 mois.	30	90	3,75	11,25	Idem.
Cinq porcs...	7 mois.	30	90	3,00	9,00	Idem.
Quatre porcs.	4 mois.	20	50	2,50	6,25	Idem.

On reconnaît que la forte quantité d'eau grasse donnée dans cette circonstance a
minué sensiblement la consommation des pommes de terre.

à mesure des besoins, en ayant soin d'agiter préalablement la masse, afin d'avoir un peu de tout. C'est en usant de la même précaution que j'ai pris, à des époques assez éloignées l'une de l'autre, les échantillons d'essais.

(a) Un litre d'eau grasse évaporée a laissé un résidu brun pesant 47gr,3, d'un aspect cristallin dû sans aucun doute à la présence du sucre de lait. 3gr,88 de cette matière ont été épuisés par l'éther; on a obtenu ainsi 0gr,70 d'une graisse légèrement colorée, ayant une très-forte odeur de jus de viande et une saveur salée; aussi cette substance attirait-elle l'humidité. On a traité par l'eau, et, en définitive, le poids de la matière grasse s'est réduit à 0gr,362. Les 47gr,3 de résidu, ou 1 kilogramme de l'eau grasse essayée, renfermaient, par conséquent, 4gr,41 de graisse.

(b) Un mois après cette première détermination, on en a fait une autre qui a donné 3gr,60 de graisse par litre d'eau grasse.

(c) Une autre détermination, faite à une époque encore plus éloignée, a indiqué dans un litre de cette eau 4 grammes de graisse.

J'admettrai donc, comme moyenne, 0,004 de graisse dans l'eau grasse concourant à l'alimentation du porc.

Détermination du caséum et des sels dans l'eau grasse.

Le petit-lait et le lait de beurre formant la majeure partie de l'eau grasse, cette eau renferme par conséquent, avec le sucre de lait, une quantité très-notable de caséum. Pour en déterminer la proportion, j'ai dosé l'azote. Le résidu obtenu par l'évaporation de l'eau grasse a donné :

Dans une première expérience, azote.....	0,028
Dans une autre circonstance............	0,032
Moyenne...............	0,030

4gr,064 de résidu ont laissé 0gr,489 de cendres formées, en grande partie, de sel marin.

On a ainsi, dans 100 de résidu :

	gr
Caséum...........	18,7
Beurre et graisse....	8,5
Sels..............	13,3
Sucre de lait, etc....	59,5
	100,0

et dans 1 litre d'eau grasse contenant 47gr,3 de résidu :

	gr
Caséum............	8,9
Beurre et graisse.....	4,0
Sels.....	6,3
Sucre de lait, etc....	28,1
	47,3

Je puis donc établir maintenant, avec un degré d'exactitude bien suffisant pour les recherches de cette nature, qu'un porc de huit mois a reçu depuis sa naissance, indépendamment du beurre contenu dans le lait de la mère les quantités de graisse que voici :

	kg		kg
Avec les	47,0	de lait écrémé.........	0,71
Avec les	4,5	de farine de seigle.....	0,16
Avec les	647,0	de pommes de terre....	1,29
Avec les	1141,0	d'eau grasse..........	4,56
Graisse reçue en huit mois avec les aliments.			6,72

On voit que cette quantité de graisse est bien loin de répondre à celle que nous avons trouvée dans les porcs âgés de huit mois, et qu'on ne pense pas que le goret amène en naissant une proportion de graisse assez forte pour combler le déficit : d'abord, le poids moyen des gorets à leur naissance dépasse rarement 1 kilogramme; de plus, il sont gé-

néralement d'une maigreur remarquable : ainsi j'ai trouvé dans un goret nouveau-né qui pesait 650 grammes :

	gr
Peau sans lard	119,0
Os bouillis et essuyés (1)	110,2
Chair sans graisse apparente	275,2
Graisse des os	»
Sang	15,0
Les deux reins	5,5
Vésicule du fiel	0,2
Foie	12,8
Langue et larynx	12,8
Cœur	6,2
Poumons	9,5
Rate	1,0
Estomac vide	5,4
Intestins, vessie vide	36,5
Cervelle	29,0
Matière contenue dans les intestins, perte	11,7
	650,0

On trouve, en résumé, que, la graisse du porc de huit mois étant représentée par 15kg,48, la graisse prise avec les aliments par 6kg,72, il y en a 8kg,76 (2) qui ont évidemment une tout autre origine que les matières grasses comprises dans la nourriture; mais il me paraît aussi de la dernière évidence, si l'on accorde quelque confiance aux deux expériences que j'ai rapportées, que la pomme de terre donnée seule, c'est-à-dire sans lait écrémé, sans eau grasse, n'a pas la propriété de développer de la graisse chez les porcs et l'on serait ainsi conduit à refuser à l'amidon

(1) Ces os, desséchés dans une étuve chauffée à 40 degrés, ont pesé 48gr,25.

(2) A ce nombre il faudrait encore ajouter la graisse éliminée avec les excréments; mais, d'un autre côté, il faudrait, par des raisons que j'ai énoncées plus haut, réduire les 13kg,48 à 13 kilogrammes. Je néglige ici ces corrections, qui ne sont d'aucune importance dans la discussion actuelle.

la faculté de se transformer en corps gras sous l'influence de l'action vitale.

Toutefois, avant d'adopter une semblable conclusion, il convient d'examiner en quoi la ration alimentaire, reçue dans les premiers huit mois, diffère du régime des pommes de terre auquel les porcs ont été soumis. Il faut particulièrement rechercher si les tubercules, donnés seuls, constituent bien réellement une nourriture convenable; car il ne suffit pas toujours qu'un animal mange à discrétion une substance alimentaire pour qu'il soit surabondamment nourri : il faut encore que la nourriture ingérée renferme en proportion convenable les principes nécessaires au développement de l'organisme, à l'engraissement ou à la lactation. C'est ainsi qu'un aliment qui, par sa composition, serait propre à satisfaire toutes les exigences de la nutrition pourrait bien quelquefois, en raison du trop grand volume de son équivalent nutritif, ne pas produire, à beaucoup près, les effets qu'on était en droit d'en attendre, dans le cas, par exemple, où il serait pris par des animaux ayant un estomac d'une capacité très-limitée. Cet aliment volumineux, bien que donné à discrétion, se bornerait, malgré ses propriétés nourrissantes, à entretenir la vie, peut-être à produire de la chair, sans pouvoir concourir à l'engraissement, qui exige toujours une alimentation surabondaute. On sait, par les observations de Letellier, que la graisse même ne concourt pas à l'augmentation du tissu adipeux quand on l'administre isolément, et qu'un corps gras ne devient réellement alimentaire qu'autant qu'il est associé à une certaine quantité de matière nutritive azotée.

Si l'amidon et le sucre se métamorphosent en graisse après leur ingestion, cette graisse, pour se fixer dans l'organisme, pour produire l'engraissement, exigera également la présence, j'ai presque dit le contact d'un corps à composition quaternaire, comme l'albumine, la caséine, la légumine. Si donc la proportion de principe azoté contenu

[illegible] la pomme de terre [illegible] pour [illegible]
[illegible] de la matière grasse [illegible]
[illegible] pas, sans que pour cela [illegible]
[illegible] est [illegible]
[illegible] après avoir [illegible]
[illegible] qui a fait [illegible] de la graisse [illegible]
[illegible] au régime qui a produit [illegible]
pour se former une opinion [illegible]
de la fécule [illegible] dans les phénomènes de [illegible]
[illegible] ou de la lactation.

Régime aux pommes de terre.

On peut considérer la pomme de terre [illegible] par les porcs comme composée de :

Eau	[illegible]
Albumine	[illegible]
Matières grasses	[illegible]
Ligneux et cellulose	[illegible]
Substances salines	[illegible]
Amidon et corps analogues	[illegible]
	[illegible]

Le porc n° 3 a consommé, dans les deux cent cinq jours [illegible] régime, 1433 kilogrammes de pommes de terre, la ration diurne étant 7 kilogrammes, à très-peu près, chaque jour; par conséquent, ce porc recevait dans sa nourriture :

Albumine	161
Matières grasses	14
Amidon et corps analogues	1414
Matières salines	70
	1659

Comparons ce régime simple à un régime mixte.

l'hypothèse de l'assimilation directe de la graisse des aliments; mais il y avait alors, dans la composition de la nourriture, une indéterminée qui ne permettait pas de tirer une conclusion définitive : les eaux grasses, entrant pour une si forte proportion dans l'alimentation, n'avaient point encore été analysées.

Depuis j'ai été à même de comparer avec exactitude la graisse comprise dans la ration à la graisse produite durant un engraissement exécuté en 1844.

Le lot sur lequel j'ai opéré se composait de neuf pièces âgées de huit mois à un an, et dont le poids variait de 60 à 76 kilogrammes. Ces porcs avaient été mis en chair au moyen de la pomme de terre délayée dans l'eau grasse. L'engraissement a commencé à peu près à la même époque où le n° 1 a été abattu. Ce porc pesait, comme nous l'avons vu, $60^{kg},55$; il a rendu $15^{kg},48$ *de gras:* soit 25,6 pour 100. Le porc n° 2 pesait, après la mise au régime des pommes de terre à discrétion, $67^{kg},27$; on en a retiré $16^{kg},2$ de gras : soit 24,4 pour 100. Enfin, un autre porc pesant 91 kilogrammes a donné 24,5 de gras : soit 26,9 pour 100. Il est question ici de porcs dont le lard net avait été pesé après avoir été détaché de la peau. Ainsi je crois qu'on peut admettre que les porcs toujours bien en chair que nous engraissons contiennent de 25 à 26 pour 100 de gras. Voici leur poids avant et après l'engraissement :

	NUMÉROS D'ORDRE.									SOMMES
	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	
	k	k	k	k	k	k	k	k	k	k
Poids avant l'engraissement.	76	75	60	63	65	64	57	62	65	587
Poids après l'engraissement.	115	119	112	120	104	105	120	94	111	1000
Gain pendant l'engraissem.	39	44	52	57	39	41	63	32	46	413

L'engraissement a duré quatre-vingt-dix-huit jours, pendant lesquels il a été consommé :

		Matières grasses dans 1 gr. d'aliment.	Matières grasses dans les aliments.
	k		k
Pommes de terre	4300	0,002	8,60
Seigle moulu	394	0,020	7,88
Brise de seigle blutée	284	0,035	9,94
Pois crus	296	0,020	5,92
Eau grasse	8820	0,004	35,28
Matières grasses dans les aliments			67,62

Pour juger de la graisse et de la chair contenues dans les porcs engraissés, on a pesé les diverses parties du n° 12 :

	kg	kg
Lard sans la peau	20,50	30,31
Saindoux	4,63	
Graisse adhérente à l'intérieur	3,61	
Graisse retirée des os après l'ébullition	1,57	
Os dégraissés, bouillis et essuyés	6,91	
Peau avec soies	10,38	
Sang recueilli	3,24	
Viande débarrassée de graisse (viande rouge)	46,02	
Larynx	1,50	
Cœur	0,50	
Cervelle	0,15	
A reporter	99,01	

Report.....	99,01
Poumons	0,75
Foie	1,50
Rate	0,25
Estomac et intestins vides	4,68
Ris	0,19
Reins	0,38
Vésicule du fiel	0,03
Vessie vide	0,09
Urine et déjections	2,62
Perte	1,50
	111,00

Le gras des porcs engraissés s'élève, comme on le voit, à	27^{kg},3 pour 100
Les 1000 kilogrammes de porcs engraissés contenaient en gras	273,0
Les 587 kilogr. de porcs avant l'engraissement renfermaient en gras (1)	150,1
Graisse développée pendant l'engraissement.	122,9
Ces 122^{kg},9 se réduiraient par la fonte à...	103,2
Les aliments contenaient en graisse	67,6
Graisse exédant la graisse des aliments.....	35,6

A cette quantité il faut joindre la graisse des déjections: je n'ai pu la doser avec précision, mais j'ai reconnu qu'un porc à l'engrais rend, par jour, environ 306 grammes d'excréments solides secs cèdant à l'éther 0,032 de matières grasses; en quatre-vingt-dix-huit jours, les neuf porcs ont dû en rendre 270 kilogrammes, dans lesquels il y avait 8 à 9 kilogrammes de ces matières, de sorte que la graisse formée dans l'engraissement, c'est-à-dire la graisse excédant celle des aliments consommés, peut être portée à 44 kilogrammes. On voit, comme je l'ai dit dans mon *Économie*

(1) Prenant pour le porc avant l'engraissement la graisse égale à 25^{kg},57, telle qu'elle a été donnée par le n° 1.

rurale, que les résultats de l'engraissement des porcs sont défavorables à l'opinion de l'assimilation directe de la graisse des aliments ([1]).

C'est une chose remarquable que le peu de différence qu'il y a dans le gras proportionnel d'un porc encore jeune avant et après l'engraissement. Généralement on est disposé à considérer l'augmentation de poids réalisé comme uniquement due à de la graisse. Rien n'est moins vrai cependant; car, à ce compte, un jeune porc de 60 kilogrammes, en doublant son poids, prendrait 60 kilogrammes de graisse et, une fois engraissé, il contiendrait 50 pour 100 de *gras*; ce n'est certainement pas le cas; il est déjà rare de pousser un porc jusqu'à lui donner 35 pour 100 de graisse. Dans l'engraissement des porcs n'ayant pas encore atteint leur développement, il se produit au moins autant de chair que de graisse. C'est une croissance extraordinaire imprimée à un animal glouton au moyen d'une alimentation abondante. Quant à la production de la chair, elle n'est pas douteuse : il suffit, pour s'en convaincre, de comparer la composition du porc avant et après l'engraissement, en transformant en centièmes les résultats obtenus avec les n[os] 1 et 12.

	Avant l'engraissement.	Après l'engraissement.
Peau avec soies	8,27	9,35
Os dégraissés	6,91	6,23
Graisses diverses	25,57	27,30
Viande rouge	39,69	41,46
Sang recueilli	3,58	3,82
Estomac et intestins vidés	3,57	4,22
Organes, etc.	12,41	7,62
	100,00	100,00

(1) *Économie rurale*, t. II, p. 615.

Si nous recherchons maintenant, à l'aide de ces nombres, la chair produite dans l'engraissement, nous trouvons :

	Peau.	Os.	Graisse.	Chair.	Sang.	Estom. et intest.
	k	k	k	k	k	
Dans 587 kilog. de porcs à engraisser.	49	40	150	233	21	21
Dans 1000 kilog. de porcs engraissés.	94	62	273	415	38	42
Gains pendant l'engraissement......	45	22	123	182	17	21

	k
Le poids moyen du porc étant avant l'engraissement.....	65,2
Le poids moyen du porc étant après l'engraissement......	111,1
L'accroissement de poids en 98 jours a été..............	45,9
Par jour.............	0,468

c'est-à-dire plus du double de l'augmentation observée lors de la première croissance du porc soumis au régime normal. Ainsi, chaque jour, par l'effet du régime surabondant, le porc a fixé, dans son organisme, 139 grammes de graisse. Il devient dès lors très-intéressant de comparer la ration surabondante qui produit un développement aussi considérable de chair et de graisse à la ration normale.

La ration d'engraissement déduite de la totalité des aliments consommés, et qui se rapporte, par conséquent, au porc moyen du poids de 88 kilogrammes, a été par jour [1] :

	kg
Pommes de terre......	4,87
Seigle moulu..........	0,45
Farine de seigle.......	0,32
Pois.................	0,34
Eau grasse (résidu).....	0,47

(1) Poids moyen : avant l'engraissement........ 65,2 kg
après...................... 111,1
176,3
½ somme.................. 88,1

Pour déterminer, dans cette ration, la quantité des principes réellement nutritifs qu'elle renferme, il importait de connaître la dose du ligneux contenu dans le seigle et dans les pois. J'ai suivi, pour l'analyse des échantillons du seigle et des pois mangés par nos porcs, la méthode employée pour la pomme de terre. Toutes les dessiccations ont eu lieu entre 110 et 120 degrés. La proportion des principes azotés a été fixée par un dosage de l'azote; c'est, après tout, le moyen le plus sûr, en même temps qu'il est le moins embarrassant.

Compositions :

	Seigle.	Pois.	Farine de seigle.
Albumine, légumine...	12,5	25,0	15,6
Amidon et analogues..	65,1	56,9	67,9
Matières grasses......	2,0	2,2	3,5
Ligneux............	3,3	4,4	»
Substances minérales..	2,4	3,1	2,0
Humidité...........	14,7	8,6	11,0
	100,0	100,0	100,0 (1)

On a ainsi, pour la constitution de la ration diurne d'engraissement du porc de 88 kilogrammes :

(1) Le seigle contenait $0^{gr},020$ d'azote.
20 grammes de seigle ont donné $0^{gr},660$ de ligneux et cellulose.
1 gramme de seigle a laissé $0^{gr},024$ de cendres.
Les pois contenaient 0,040 d'azote.
20 grammes de pois ont donné $0^{gr},875$ de ligneux et cellulose.
La farine de seigle contient 0,025 d'azote, 0,11 d'humidité et 0,02 de cendres. Je l'ai supposée exempte de ligneux.
La matière grasse de la farine ne correspond pas à celle trouvée dans le seigle en grain. Cette farine avait probablement une autre origine. J'ai pris le minimum, car plusieurs analyses ont indiqué 3,7 et 3,8 *de gras*.

NATURE DES ALIMENTS.	Poids.	Albumine, légumine et caséum.	Amidon, sucre de lait.	Matières grasses.	Matières salines	Som[illegible] des princi[illegible] digesti[illegible]
	k	gr	gr	gr	gr	
Pomme de terre	4,87	113	984	9	48	115[illegible]
Seigle moulu	0,45	56	293	9	11	36[illegible]
Farine de seigle	0,32	50	218	11	6	28[illegible]
Pois	0,34	85	193	7	11	29[illegible]
Eau grasse (résidu)	0,47	88	280	40	62	47[illegible]
	"	392	1968	76	138	25[illegible]
Ramenant à 100 kil. de poids vivant.	"	446	2336	86	157	29[illegible]
La ration normale est	"	394	2804	75	199	34[illegible]

Un fait assez surprenant, c'est que la ration surabondante du régime de l'engraissement contient pondéralement moins d'éléments digestibles que n'en renferme la ration normale. Avec cette ration, 100 kilogrammes de poids vivant reçoivent, par jour, $\frac{1}{2}$ kilogramme d'amidon de moins, en même temps qu'ils ont en plus 52 grammes de principes albuminoïdes. Les principes azotés semblent être en proportion plus forte relativement à l'amidon, au sucre de lait dans les régimes qui développent le plus de graisse. Ainsi, dans 100 parties d'aliments digestibles, il y a :

	Principes azotés.	Graisse.
Dans la ration qui ne produit que de la chair.	9,8	0,8
Dans la ration produisant chair et graisse...	11,3	2,2
Dans la ration d'engraissement	15,3	2,9

Ces nombres sont de nature à faire supposer que les principes azotés des aliments, tout en concourant à la formation du tissu musculaire, contribuent aussi au développement du tissu adipeux.

§ IV. — Engraissement des oies.

Pendant qu'on avançait des hypothèses plus ou moins ingénieuses sur l'origine de la graisse, un habile professeur de la Faculté des Sciences de Strasbourg, M. Persoz, constatait que, dans l'engraissement des oies, la graisse formée dépasse de plus du double celle que contient le maïs consommé. M. Persoz est arrivé, en effet, à cette conclusion, que l'oie en s'engraissant n'assimile pas seulement l'huile renfermée dans le maïs, mais qu'elle produit réellement une certaine quantité de graisse à l'aide de l'amidon et du sucre, peut-être aussi aux dépens de sa propre substance. Les observations dont je vais présenter les détails confirment pleinement le fait principal constaté par M. Persoz. J'ai trouvé, en effet, que le poids de la graisse acquise par les oies soumises au régime surabondant du maïs excède considérablement le poids de l'huile contenue dans la graine.

Les onze oies sur lesquelles j'ai expérimenté étaient âgées d'environ un an et de même origine; on les a pesées après les avoir privées de nourriture pendant douze heures.

Poids des oies au commencement de l'expérience.

	Numéros.											Poids moyen.
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	
Poids.	k 3,42	k 3,13	k 3,34	k 3,65	k 2,87	k 3,20	k 3,40	k 3,55	k 3,39	k 3,35	k 3,70	k =3,38

On a tué les n°s 2, 3, 9, 10 et 11, et, après avoir pris le poids des différentes parties, on a déterminé la quantité de graisse renfermée dans chaque pièce de la manière suivante : on a d'abord pesé séparément la graisse des intestins

et la graisse épiploon. Pour obtenir la graisse sous-cutanée, celle disséminée dans la chair ou adhérente au tissu osseux, on coupait l'oie en morceaux que l'on faisait bouillir pendant quatre heures dans de l'eau. On enlevait la graisse figée après le refroidissement. Les os se détachaient alors très-facilement de la viande cuite; on les essuyait avec un linge avant de les peser. Du poids des os et de celui de la graisse écumée on concluait, par différence, le poids de la chair. Les résultats obtenus sur les oies tuées avant l'engraissement sont consignés dans ce tableau :

Poids de la graisse, du sang et des divers organes des cinq oies tuées avant l'engraissement.

NUMÉROS D'ORDRE.	Poids des oies.	Graisse adhérente aux intestins.	Graisse épiploon.	Graisse extraite par ébullition.	Total de la graisse.	Os dégraissés.	Chair et peau.	Sang recueilli.	Foie.	Cœur.	Cervelle.	Gésier vide.	Bile.	Rate.	Trachée.	Poumons.	Intestins vidés et jabots.	Plumes.	Aliments, excréments, pertes.
2	k 3,13	gr 21	gr 33	gr 201	gr 255	gr 321	gr 1600	gr 180	gr 67	gr 24	gr 12	gr 133	gr 4	gr 9	gr 10	gr 25	gr 140	gr 250	gr 100
	3,34	42	53	246	341	331	1525	230	69	25	11	140	4	8	8	32	162	250	204
9	3,39	14	21	178	213	300	1546	220	105	30	11	148	13	13	10	19	190	420	152
10	3,35	30	40	214	284	326	1500	210	86	26	10	134	8	14	9	21	180	370	170
11	3,70	30	40	296	366	310	1634	305	115	24	12	130	8	10	9	19	207	300	246
	16,91	137	187	1135	1459	1588	7805	1145	442	129	56	691	37	54	46	116	879	1590	872

Les six pièces à engraisser, pesant ensemble 20^{kg},09 (en moyenne, 3^{kg},35), ont été mises dans une mue divisée en six compartiments, assez étroits pour empêcher les oies de se retourner. Le plancher de la mue n'occupait pas toute la section du fond, et sa disposition était telle, que l'on pouvait placer six vases pour recevoir la totalité des déjections. Les oies ont été gavées, matin et soir, avec du maïs trempé dans l'eau pendant quelques heures. Sur le devant de la cage se trouvait une auge commune, contenant de l'eau légèrement salée, dans laquelle on avait jeté quelques fragments de charbon. L'engraissement, conduit par une gaveuse de profession, a été terminé après trente et un jours d'un régime durant lequel il a été consommé 71^{kg},89 de maïs; soit 11^{kg},98 par individu, à peu de chose près 386 grammes par jour et par tête.

	kg
Les six oies, dont le poids était, avant l'engraissement, de	20,09
ont pesé....	31,11
ayant gagné en poids.........	11,02

Poids de la graisse, du sang et des divers organes des six oies engraissées.

NUMÉROS D'ORDRE.	POIDS DES OIES avant l'engraissement.	POIDS DES OIES après l'engraissement.	Gain pendant l'engraissement.	Graisse adhérente aux intestins.	Graisse épiploon.	Graisse extraite par l'ébullition.	Total de la graisse.	Os dégraissés.	Chair et peau.	Sang recueilli.	Foie.	Cœur.	Cervelle.	Gésier vide.	Bile.	Rate.	Trachée.	Poumons.	Intestins vides et jabots.	Plumes.	Aliments et excréments.
	k	k	k	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr
1	3,42	5,35	1,93	234	385	835	1454	313	2295	290	*251	35	11	87	4	4	9	34	191	280	245
4	3,65	5,50	1,85	369	435	1147	1951	300	2289	190	214	32	12	82	3	10	10	27	162	270	75
5	2,87	4,58	1,71	294	322	943	1559	273	1847	140	171	29	10	76	4	8	8	34	160	280	64
6	3,20	4,67	1,47	271	331	861	1463	234	1980	170	143	31	11	120	3	10	8	26	153	290	103
7	3,40	5,53	2,13	221	415	1237	1873	299	2261	195	260	40	12	95	8	9	11	38	147	325	129
8	3,55	5,48	1,93	302	400	1014	1716	309	2220	320	301	32	11	114	12	13	10	27	157	340	101
	20,09	31,11	11,02	1691	2288	6037	10016	1728	12892	1305	1340	199	67	574	34	54	56	186	970	1785	717

* La graisse du foie gras étant déjà comptée dans la graisse extraite par l'ébullition, en sommant les divers organes, on trouvera un excès sur le poids des oies engraissées de 31kg,11.

	Graisse. kg	Chair et sang. kg
En résumé, les six oies engraissées contenaient	10,016	14,197
D'après la composition des oies maigres, ces six oies devaient contenir, avant l'engraissement	1,752	10,74
Gain pendant l'engraissement	8,264	3,457

La comparaison de l'oie, avant et après l'engraissement, est curieuse sous plusieurs rapports; pour qu'on puisse juger facilement des différences, je rapprocherai les deux compositions.

	OIE maigre. gr	OIE grasse. gr
Graisse adhérente aux intestins	28	281
Graisse épiploon	37	381
Graisse extraite par l'ébullition	227	1006
Os	318	288
Chair et peau dégraissées	1561	2149
Sang recueilli (*)	229	218
Foie	88	223 (**)
Cœur	26	33
Cervelle	11	11
Gésier	138	96
Bile	7	6
Rate	11	9
Trachée	9	9
Poumons	23	31
Intestins, jabots	176	162
Plumes	318	298
Excréments, pertes	174	120
	3381	5310

(*) C'est-à-dire le sang qui a coulé quand on a coupé la trachée.
(**) Foie gras dont la graisse figure déjà dans celle retirée par l'ébullition.

Comme dans l'engraissement des porcs, nous voyons la

chair se produire en même temps que la graisse. Un fait singulier, et que l'on observe également sur les canards, c'est la diminution du gésier chez les oiseaux qui ont été gavés.

Pour estimer l'humidité que devait renfermer la graisse pesée, particulièrement celle retirée par l'ébullition, je l'ai fondue à une chaleur modérée, comme on le pratique quand il s'agit de la mettre en pot.

		Perte pour 100.
3^{kg},98 de graisse adhérente se sont réduits à.	3,69	7,3
3,01 de graisse écumée sont devenus....	2,81	6,3

Appliquant ces corrections aux graisses acquises durant l'engraissement, on trouve :

	kg
Pour la graisse adhérente fondue...........	3,327
Pour la graisse retirée par l'ébullition.......	4,180
Graisse privée d'eau acquise par les six oies.	7,507

A cette graisse il faut encore ajouter celle qui faisait partie des déjections et qui certes n'est pas à négliger. La totalité des excréments très-aqueux rendus par les six oies a pesé 83^{kg},23. Après avoir enlevé une partie de l'eau par décantation, on a mis à égoutter sur une toile; de cette manière on a obtenu 39^{kg},19 d'une matière verte pulpeuse qu'on a mêlée intimement pour en prendre un échantillon : 1 kilogramme de cette pulpe desséchée dans une bassine chauffée à la vapeur s'est réduit à 190 grammes d'une substance sèche, ayant une couleur intermédiaire entre le vert et le jaune.

Ainsi les 39^{kg},19 de déjections humides contenaient 7^{kg},45 de substance sèche; 20 grammes de cette matière réduite en poudre fine traitée d'abord par l'eau, puis ensuite par l'éther, ont donné 1^{gr},92 d'une graisse demi-liquide dont l'odeur rappelait celle de l'huile du maïs. La graisse, dans les déjections sèches, s'élevait, par conséquent, à 9,6

pour 100. Les $7^{kg},45$ devaient en contenir 715 grammes; ce qui porte le total de la graisse acquise par les six oies à $8^{kg},222$.

Examen du maïs consommé.

Le maïs employé pesait $72^{kg},20$ l'hectolitre; pour avoir un échantillon bien homogène, j'en ai fait moudre 50 litres. L'huile a été déterminée sur des quantités de farine qui ont varié de 20 à 200 grammes. En traitant d'abord la farine de maïs par l'eau acidulée, puis faisant ensuite agir l'éther sur le résidu, j'ai obtenu, dans plusieurs analyses, des proportions d'huile très-peu différentes et qui se sont accordées avec celle donnée par l'éther appliqué au maïs réduit en poudre extrêmement fine. J'ai extrait par l'un ou l'autre de ces moyens 7 pour 100 d'huile jaune. Il est vrai qu'en faisant succéder à l'action de l'éther appliqué à froid un mélange bouillant d'alcool et d'éther on obtient une proportion de matière grasse bien plus forte, et qui, à la suite de traitements réitérés, s'élève de 10 à 12 pour 100. On parvient à ce chiffre alors même qu'on agit sur du maïs préalablement traité par l'eau, et dans lequel on ne peut plus supposer de sucre. Il y a ceci de remarquable, qu'en agissant, non plus sur de la farine lavée, mais sur le résidu ligneux provenant de l'action de l'acide étendu sur le maïs, on n'obtient jamais, quoi qu'on fasse, plus d'huile que n'en donne l'éther employé seul. C'est que l'alcool extrait facilement du maïs une substance azotée ayant le plus grand rapport avec la gladiadine que M. Taddei a retirée des céréales par un traitement alcoolique. J'ai pu enlever au maïs, après l'avoir épuisé par l'éther, jusqu'à 4,5 pour 100 de cette gladiadine, pesée après avoir été lavée à l'eau et à l'éther, et puis fortement desséchée à 130 degrés.

Cette matière est d'un jaune clair; son odeur, bien que très-faible, rappelle celle de la cire d'abeilles; elle se dissout

facilement dans les alcalis et dans les acides; elle brûle en ne laissant que 0,005 de cendres. J'ai trouvé, pour sa composition,

Carbone	gr 54,3
Hydrogène	7,0
Azote	16,3
Oxygène	22,4
	100,0

Je crois pouvoir établir la composition du maïs ainsi qu'il suit :

Albumine	gr 8,3	12,8
Gladiadine	4,5	
Huile	7,0	
Sucre, gomme	1,5	
Amidon	59,0	
Ligneux	1,5	
Sels	1,1	
Eau	17,1	
	100,0	

Par conséquent, les oies ayant mangé en trente et un jours 71^{kg},89 de maïs, dans lequel il y avait

Huile	kg 5,032
La graisse totale acquise ayant été	8,222
La graisse formée durant l'engraissement s'élève à.	3,190

Il est assez curieux, et c'est une simple remarque, que si l'on considérait comme *engraissant* la totalité des principes du maïs solubles dans l'éther et dans l'alcool à 40 degrés, c'est-à-dire l'huile et la gladiadine, l'aliment consommé renfermerait les éléments du *gras* développé. En effet, les 71^{kg},89 de maïs contiennent précisément 8^{kg},267 d'huile et de substances azotées solubles dans l'alcool.

D'après la constitution du maïs, la ration engraissante contient :

Albumine, gladiadine......	49^{gr}
Huile..................	27
Amidon, sucre...........	234
Sels....................	4
	314

Comme il y a eu, chaque jour, à peu près 3 grammes de matières grasses éliminées avec les déjections, il reste 24 grammes pour la graisse assimilée directement; et comme l'oie en a acquis journellement 41 grammes, on voit qu'elle a dû en former 17 grammes avec les autres éléments de sa nourriture. On remarquera que, dans 100 parties des aliments digestibles qui entrent dans la ration engraissante des oies, il y a :

Principes azotés........	15^{gr},6
Graisse................	8,5

§ V. — Expériences sur l'engraissement des canards.

Un canard du poids de 1^{kg},35, gavé chaque jour avec 140 grammes de maïs préalablement détrempé, gagne en quinze jours 180 à 200 grammes de graisse; c'est un fait qu'il est facile de vérifier, et comme, dans cet engraissement rapide, tout se passe exactement comme dans l'engraissement de l'oie, je me dispenserai d'entrer dans de plus amples détails à ce sujet.

Il m'a paru intéressant de substituer au maïs, si riche en huile, un aliment analogue, tout aussi dense, d'une digestion facile, mais qui ne contient que quelques millièmes de matières grasses. Tel est le riz, dont la composition est, pour ainsi dire, celle du maïs qu'on aurait privé d'huile par un procédé chimique. Le riz, renfermant d'ailleurs près

de 83 pour 100 d'amidon, convient parfaitement pour apprécier le rôle que la fécule joue dans la production de la graisse. Ce sont ces considérations qui m'ont engagé à faire sur des canards les expériences que je vais exposer. En effet, si l'on réussit à engraisser complétement des oies ou des canards en remplaçant poids pour poids le maïs par le riz, on aura acquis la preuve de la transformation de l'amidon en graisse pendant l'alimentation ; car ce régime présente cette particularité, que la totalité de l'huile et la moitié de la substance azotée entrant dans la constitution du maïs s'y trouvent remplacées par de la fécule amylacée ; on peut s'en assurer en comparant la composition respective de chacune de ces graines :

	Riz.	Maïs.
	gr	gr
Albumine ou gladiadine......	7,5 (1)	12,8
Matières grasses............	0,7	7,0
Amidon (sucre et gomme)....	83,0	60,5
Ligneux..................	1,0	1,5
Sels.....................	0,5	1,1
Eau......................	7,3	17,1
	100,0	100,0

Les canards mis en expérience avaient une même origine ; ils étaient âgés de huit mois environ.

Poids des canards au commencement de l'expérience.

	NUMÉROS.								
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
Poids......	k 1,33	k 1,315	k 1,33	k 1,32	k 1,17	k 1,47	k 1,36	k 1,32	k 1,30

(1) D'après mon analyse, le riz contenait 1,2 d'azote.

Les nos 1, 2, 3, 4 ont été tués. On en a retiré :

	NUMÉROS.			
	1.	2.	3.	4.
	gr	gr	gr	gr
Graisse adhérente............	27	40	42	32
Graisse par ébullition.........	175	195	168	156
Os dégraissés................	99	92	94	102
Chair et peau................	555	663	453	544
Sang recueilli...............	70	55	65	66
Foie......................	35	40	33	36
Cœur......................	9¼	8	9	12
Cervelle..................	5	5	4½	5
Gésier....................	34	33	23	24
Bile......................	1	1	0½	2
Rate......................	4	5	2	3
Trachée...................	3	3	3	5
Poumons...................	9	10	10	10
Intestins, jabots.............	58	50	37	45
Plumes....................	90	110	120	[illegible]
Aliments, déjections..........	155½	4	266	212
	1330	1315	1330	1374

Comme le poids des plumes et la quantité de matières contenues dans l'estomac et les intestins sont assez variables, il est bon de ramener chaque pièce à ce qu'elle a pesé après avoir été plumée et vidée.

NUMÉROS.	CANARDS plumés et vidés.	GRAISSE contenue
	gr	gr
1........	1084	202
2........	1195	235
3........	1064	210
4	1038	188
Moyennes...	1095	209

Les nos 5, 7, 8 ont été mis au régime du riz légèrement

cuit; la quantité de riz, pesé cru, prise par chaque canard, a été de 125 grammes. On gavait matin et soir; une auge commune contenait de l'eau renfermant un peu de sel.

NUMÉROS.	JOURS DE RÉGIME.	RIZ CONSOMMÉ.	POIDS à la fin du régime.
5..........	12	1500 gr	1480 gr (*)
7..........	15	1875	1440
8..........	19	2375	1400

(*) Les canards étaient ordinairement si mouillés au sortir de la mue, que ce poids n'a aucune valeur. Comme on le verra, le n° 5 contenait encore 168 grammes d'aliments ingérés.

Composition des canards nourris au riz.

	NUMÉROS.		
	5.	7.	8.
Graisse adhérente..............	40 gr	50 gr	75 gr
Graisse par ébullition..........	198	205	286
Os dégraissés..................	82	114	82
Chair et peau..................	665	741	524
Sang recueilli..................	60	50	68
Foie..........................	41	32	67
Cœur..........................	12	8	9
Cervelle.......................	5	4	4
Gésier........................	20	20	13
Bile..........................	1	2	1
Rate..........................	4	3	2
Trachée.......................	5	5	3
Poumons......................	14	11	10
Intestins, jabots...............	45	47	34
Plumes........................	120	111	200
Aliments, déjections............	168	37	22
	1480	1440	1400

On a pour le poids de ces canards plumés et vidés :

NUMÉROS.	POIDS.	GRAISSE CONTENUE.
	gr	gr
5..........	1194	238
7.........	1293	255
8.........	1178	361

Comparant maintenant le poids et la graisse au poids moyen déduit des canards tués au commencement de l'expérience, et qui était

Pour le canard plumé et vidé......	1095 gr
Pour la graisse contenue..........	209

on trouve que

	En poids.	En graisse.	Graisse fondue.
	gr	gr	gr
Le n° 5 a gagné...	99	29	27 (1)
Le n° 7 » ...	198	46	42
Le n° 8 » ...	83	152	140

On doit ajouter à cette graisse celle sortie avec les excréments. Les déjections rendues par le n° 5, durant les douze jours de régime, ont pesé 2500 grammes; elles formaient une émulsion très-liquide, blanche; on n'apercevait aucune matière solide. Par la dessiccation, on a obtenu un extrait pesant 150 grammes; 1 gramme de cet extrait pulvérisé a cédé à l'éther, après un traitement par l'eau, 0gr,050 d'une graisse solide, très-fusible. Ainsi, chaque jour, en consommant 125 grammes de riz, un canard aurait rendu 12gr,5 de cet extrait, contenant 0gr,62 de graisse; mais chaque jour aussi, dans les 125 grammes de riz, il recevait 0gr,88 de matière grasse; c'est donc, pour chaque, jour, 0gr,26 qu'il faut déduire de la graisse pesée.

(1) Les graisses provenant de ces expériences, réunies et fondues, ont perdu 8 pour 100.

En définitive, en tenant compte de la durée de chaque expérience, on voit que

Le n° 5 a fait..	25 gr	de graisse sèche;	par jour..	2,1 gr
Le n° 7 » ..	38	»	par jour..	2,5
Le n° 8 » ..	135	»	par jour..	7,1

Les résultats offerts par les n°s 5 et 7 n'établissent pas suffisamment qu'il y a eu formation de matière grasse; du moins cette formation ne paraît nullement en rapport avec la proportion d'amidon renfermée dans le riz. Quant au résultat fourni par le n° 8, il ne laisserait aucun doute sur l'intervention de la fécule dans la production du *gras*, s'il ne présentait une anomalie qui peut faire présumer que le canard porteur de ce numéro pouvait être initialement plus gras que je l'ai admis. Cette anomalie consiste en ce que la graisse trouvée en excès (135 grammes) pèse plus que l'accroissement de poids de 83 grammes attribuable au régime. Quoi qu'il en soit, et adoptant les trois résultats comme exacts, on est obligé de reconnaître que le *gras* formé sous l'influence du riz est inférieur en quantité à celui produit par le régime au maïs; car, en recevant 140 grammes de maïs, un canard fait peut-être, indépendamment de l'huile qu'il assimile directement, 5 à 6 grammes de graisse. Cependant, relativement à l'amidon, les deux rations diffèrent peu l'une de l'autre; il y en a même plus dans les 125 grammes de riz, ainsi que je vais le montrer.

	Dans 125gr de riz.	Dans 140gr de maïs.
Il y a albumine et gladiadine.	9	18
Amidon, sucre, gomme.....	104	85
Matière grasse............	1	10

Dans les 125 grammes de riz donnés chaque jour à un canard, il y a 48 grammes de carbone, et 55 grammes dans 140 grammes de maïs. Faut-il attribuer la faiblesse de la production de la graisse à ce que la ration de riz aurait été

insuffisante comme aliment respiratoire? J'ajouterai qu'il est difficile d'augmenter la ration, parce que, le volume du riz double presque de volume par la cuisson, et que l'animal était gavé au maximum.

Mais si, repoussant comme prématurées ces idées théoriques, et se bornant aux faits constatés, on voulait en conclure simplement qu'il est des aliments qui ne possèdent pas la propriété de favoriser l'engraissement, je répondrai par l'expérience qu'il ne manque à la ration de riz que nous avons discutée que des principes élémentaires de plus, de la graisse par exemple, pour acquérir au plus haut degré la propriété engraissante. Pendant que les canards n°s 5, 7 et 8 étaient alimentés avec du riz, j'en nourrissais deux autres (n°s 6 et 9) avec la même ration à laquelle on ajoutait du beurre. Ces canards au riz au gras sont arrivés promptement à un degré d'engraissement vraiment remarquable.

Chaque canard recevait, chaque jour, avec les 125 grammes de riz, 60 grammes de beurre.

Les deux canards sont restés à ce régime pendant onze jours et on les a tués, parce que, depuis le septième jour, leur poids n'augmentait plus sensiblement. Un autre canard (n° 10) fut mis au régime unique du beurre; on lui en donnait de 90 à 100 grammes par jour : il est mort *d'inanition* au bout de trois semaines; le beurre suintait de toutes les parties de son corps; on eût dit que ses plumes avaient été trempées dans du beurre fondu, et il exhalait une odeur infecte rappelant l'*acide butyrique;* les déjections étaient presque entièrement formées de beurre. C'est, on le voit, la répétition des expériences intéressantes que Letellier a faites sur les tourterelles.

Les canards nourris au riz au gras ont pesé, quand on les a tués, le n° 6, 1^kg,63; le n° 9, 1^kg,58.

Composition des canards nourris au riz au gras.

	NUMÉROS.	
	9.	6.
Graisse adhérente	95 gr } 431	106 gr } 440
Graisse par ébullition	336	334
Os dégraissés	93	77
Chair et peau	631	694
Sang recueilli	60	70
Foie	48	33
Cœur	10	9
Cervelle	4	5
Gésier	13	18
Bile	5	1
Rate	2	2
Trachée	5	3
Poumons	10	7
Intestins, jabot	42	40
Plumes	170	151
Aliments, déjections	106	30
	1630	1580

Plumés et vidés, ces canards pesaient :

Le n° 9, 1354 gr contenant en graisse...........	431 gr
Le n° 6, 1400 contenant en graisse....... ...	440
Le poids initial étant 1095 gr., la graisse initiale..	209
Gain en poids vivant, n° 9 : 259 gr; gain en graisse.	222
» » n° 6 : 305 » »	231

Cette expérience montre avec quelle facilité est assimilée la graisse quand elle fait partie d'une ration complète et que, s'il est incontestable qu'un régime suffisamment azoté, bien que dépourvu de matières grasses, en développe néanmoins dans les animaux qui le consomment, on doit aussi convenir que la nourriture qui procure l'engraisse-

ment le plus rapide et le plus prononcé est précisément celle qui joint à la dose convenable de substances albumineuses la plus forte proportion de principes gras. Quant à la graisse en excès qui apparait dans les animaux nourris avec des aliments qui n'en renferment qu'une quantité minime, il faut nécessairement l'attribuer soit aux matières protéiques, soit à l'amidon ou au sucre, soit enfin à la réunion des deux ordres de substances. Cependant, quand on considère que ces aliments sont constamment riches en principes azotés et que le carbone de ces principes est toujours supérieur au carbone de la graisse développée, on est tenté de leur attribuer l'origine de cette graisse. Il me serait facile de signaler plusieurs régimes engraissants dans lesquels l'albumine, le caséum, la légumine, la gladiadine semblent jouer le rôle de corps gras, et je ne connais pas une seule ration employée en pratique, dans laquelle l'amidon ou le sucre soient unis à une faible proportion de ces mêmes substances. Lorsque, dans un régime d'engraissement, les matières protéiques ne surabondent pas, on peut être certain d'y rencontrer de la graisse toute formée. Ces remarques paraissent encore corroborées par la facilité avec laquelle les substances azotées des aliments se modifient en acide gras. Ainsi M. Wurtz a reconnu que, sous l'influence des alcalis et de la chaleur, ou par suite d'une altération spontanée, l'albumine donne naissance à de l'acide butyrique.

DÉVELOPPEMENT DE LA SUBSTANCE MINÉRALE

DANS LE SYSTÈME OSSEUX DU PORC.

§ I. — Dans les recherches sur la production de la graisse dans les animaux, j'ai eu l'occasion de recueillir des données assez précises sur le développement du système osseux du porc. J'examinerai d'abord quelles sont la quantité et la nature des substances minérales contenues dans le squelette de même origine, à différents âges, et ensuite si la nourriture exclusive aux pommes de terre suffit pour fournir les éléments indispensables à la formation des os.

§ II. — Os d'un porc nouveau-né.

Le goret pesait immédiatement après sa naissance....	650^{gr},00
Son squelette, desséché à l'air....................	48,25
Les cendres du squelette..........................	20,73

Les cendres, bien calcinées, blanches, ont donné à l'analyse :

Chaux.................	49,3
Magnésie..............	5,2
Sels alcalins...........	0,4
Acide carbonique ([1])....	0,1
Acide phosphorique.....	45,0
	100,0

([1]) C'est l'acide carbonique dosé; mais une partie de cet acide avait été chassée par la calcination. Pour constituer leur carbonate, on a dû en introduire 2^{gr},52, ce qui explique l'excès que l'on remarque dans la somme des éléments transformés.

Constituant la magnésie à l'état de $3MgO, PO^5$, l'acide phosphorique restant formant $3CaO, PO^5$, la chaux restante étant CaO, CO^2, on a, pour la matière minérale du squelette du goret,

Phosphate de chaux........	84,82
Phosphate de magnésie.....	11,35
Carbonate de chaux........	5,95
Sels alcalins..............	0,40
	102,52

§ III. — Os d'un porc agé de huit mois, pesant $60^{kg},55$.

Ce porc (n° 1) avait été élevé avec la nourriture normale. Les os, dégraissés par l'ébullition et essuyés, ont pesé $3^{kg},87$. Par suite d'une dessiccation à l'air, ce poids s'est réduit à $2^{kg},901$.

Pour arriver à la connaissance de la proportion de cendres, on a pesé séparément les principales parties du squelette, telles que les os de la tête, des pieds, de la colonne vertébrale, les côtes, etc.; ensuite on a incinéré des quantités proportionnelles de ces diverses parties qui ont produit :

Les os de la tête.......	47,4	pour 100 de cendres.
Les côtes.............	43,3	»
La colonne vertébrale..	36,6	»
Les tibias, etc.........	49,8	»

Les différentes parties du squelette séché à l'air ont pesé :

Os de la tête..	653^{gr}	contenant	310^{gr}	de cendres.
Côtes........	276	»	120	»
Vertèbres....	455	»	167	»
Tibias, etc....	1517	»	756	»
	2901		1353	

Ces cendres, broyées intimement et chauffées de nouveau, ont fourni à l'analyse :

Chaux.............	51,94
Magnésie...........	1,70
Sels alcalins........	1,57
Acide carbonique....	2,13
Acide phosphorique..	42,66
	100,00

composition exprimée par :

Phosphate de chaux......	88,71
Phosphate de magnésie...	3,71
Carbonate de chaux......	5,93
Sels alcalins............	1,57
	100,92

§ IV. — Os d'un porc agé de onze mois et demi (n° 2).

Lors de l'abattage du n° 1, le porc n° 2 a pesé 60 kilogrammes. Après 93 jours d'un régime durant lequel ont été consommés 544 kilogrammes de pommes de terre, son poids s'est élevé à $67^{kg},24$. Le squelette, dégraissé par l'ébullition et desséché à l'air, a pesé $3^{kg},407$; il renfermait $1^{kg},586$ de cendres, contenant :

Chaux................	53,0
Magnésie..............	1,8
Sels alcalins...........	0,4
Acide carbonique (1)....	»
Acide phosphorique.....	44,8
	100,0

composition exprimée par :

Phosphate de chaux.......	93,17
Phosphate de magnésie.....	3,93
Carbonate de chaux........	4,46
Sels alcalins..............	0,40
	101,96

(1) La totalité de l'acide carbonique avait été expulsée par la calcination.

Si nous recherchons maintenant quel a été l'accroissement dans le poids du squelette, nous trouvons en nombres ronds :

DÉSIGNATION DES PORCS.	POIDS des porcs.	SQUELETTE sèche à l'air.	POIDS des cendres.	ACIDE phosphorique.	CHAUX.
	kg	gr	gr	gr	gr
Nouveau-né	0,65	48	21	9	10
N° 1. Agé de 8 mois.......	60,55	2901	1353	577	703
Assimilation en 8 mois.....	59,95	2853	1332	568	693
Assimilation par jour.	"	11,7	5,5	2,3	2,8
N° 2. Agé de 11 mois et demi.	67,24	3407	1586	711	841
Assimilation en 93 jours...	6,69	506	233	134	138
Assimilation par jour	"	5,4	2,5	1,4	1,5

Comme on pouvait s'y attendre, le développement du système osseux a surtout été très-rapide dans les huit mois qui ont suivi la naissance ; ensuite l'assimilation des principes terreux des os s'est considérablement ralentie. Dans la première période, la nourriture variée et abondante renfermait bien au delà des quantités d'acide phosphorique et de chaux fixées dans l'organisme ; mais il n'en a plus été ainsi dans la période suivante, durant laquelle le porc a été soumis au régime des pommes de terre. En effet, ces tubercules contenaient 0,01 de cendres, renfermant d'après l'analyse, pour 100 :

Acide phosphorique..............	11,3
Chaux..........................	1,8
Magnésie	5,4
Acide sulfurique, potasse, soude, etc.	81,5
	100,0

Ainsi, dans les 544 kilogrammes de pommes de terre

consommées en 93 jours, il y avait $5^{kg},44$ de substances minérales tenant :

	Acide phosphorique.	Chaux.
	$615^{gr},0$	$98^{gr},0$
Or il y a eu de fixé.......	134,0	138,0
Différences.............	+481,0	— 60,0

On rencontre donc, dans les os formés durant les 93 jours de régime exclusif, 60 grammes de chaux de plus qu'il n'en existait dans les pommes de terre consommées. Cette différence est plus considérable encore si, comme on doit le faire, on tient compte de la chaux comprise dans les déjections.

Les excréments rendus par le porc n° 2 pendant les 93 jours pesaient, après dessiccation, $16^{kg},6$. L'examen chimique a montré qu'il y avait dans ces matières 0,013 de chaux, pour la totalité de cette terre dans les déjections, 216 grammes, de sorte que la chaux assimilée ou excrétée par le porc en 93 jours s'est élevée à 276 grammes, quoique la nourriture consommée dans le même temps n'en renfermât que 98 grammes.

Ce résultat aurait lieu de surprendre, si l'on ne savait que l'eau dont on a fait usage pour délayer les pommes de terre n'est pas exempte de chaux. Cette eau, analysée, a donné pour 100000 parties :

		Chaux.
Carbonate de chaux...............	35,3	19,8
Carbonate de magnésie............	3,7	
Sulfate de magnésie..............	11,8	
Sulfate de soude..................	20,2	
Sel marin.........................	6,9	
Silice............................	2,0	
Phosphates de chaux et de fer.......	Traces.	
Matières organiques; carbonate d'ammoniaq.; acide carbonique libre...	Indéterminées.	
	78,9	

Dans les 93 jours, le porc n° 2 a pris 900 litres d'eau renfermant, d'après l'analyse précédente, 178 grammes de chaux, qui, ajoutés aux 98 grammes qui étaient dans la nourriture, forment 276 grammes pour la quantité de chaux ingérée pendant la durée du régime.

Chaux ingérée avec l'aliment......................	gr 276,0
Chaux fixée dans les os ou rendue avec les excréments.	276,0

Il y a égalité, probablement parce que les erreurs, inévitables dans une expérience de cette nature, se sont compensées.

Les substances salines dissoutes dans l'eau sont certainement intervenues dans l'alimentation, sans leur concours elle aurait été insuffisante, puisque les pommes de terre ne contenaient pas, à beaucoup près, la dose de chaux nécessaire à la formation des os. On connaît d'ailleurs, par les intéressantes recherches de Chossat, les effets que produit un aliment ne renfermant pas assez de matière calcaire, et il est très-vraisemblable que, si le porc n° 2 eût été rationné avec des tubercules délayés dans de l'eau distillée, il eût éprouvé tous les inconvénients qui se manifestent dans cette circonstance; très-probablement aussi qu'il n'aurait pas été possible de nourrir un porc, comme je l'ai fait, uniquement avec des pommes de terre pendant 205 jours.

Dupasquier, dans des travaux recommandables d'ailleurs, a reconnu l'utilité du bicarbonate de chaux dans les eaux potables.

J'ai cherché, en traitant un autre sujet ([1]), à fixer l'attention sur l'influence indirecte qu'ont nécessairement sur la culture les matières dissoutes dans les eaux dont s'abreuvent les animaux d'une ferme, en montrant que, par cette voie, il arrive aux fumiers une quantité assez considérable de

---

([1]) *Économie rurale*, t. II, p. 252.

substances salines. L'analyse de l'eau qui alimente les abreuvoirs de Béchelebronn me permet aujourd'hui de discuter cette question avec des données plus positives.

Les animaux élevés ou entretenus dans notre domaine peuvent représenter 100 têtes de bétail. En évaluant à 30 litres en moyenne l'eau bue par chaque tête, on reste, d'après quelques essais, au-dessous de la réalité. Néanmoins, à ce taux, l'eau bue dans une année s'élèverait à plus d'un million de kilogrammes (1 095 000) qui contiendraient :

Carbonate de chaux	387gr
Carbonate de magnésie	41
Sulfate de magnésie	129
Sulfate de soude	221
Sel marin	76
Silice	22
Phosphates de chaux et de fer	Indéterminés.
	876

Ainsi l'eau bue par le bétail fournirait annuellement aux fumiers près de 900 kilogrammes de matières salines, comprenant la plupart des éléments minéraux nécessaires aux végétaux : de la chaux, de la magnésie, de la soude, du soufre, du phosphore, du sel marin et de la silice. On comprend dès lors comment les plantes apportent, de la prairie irriguée au domaine, de très-fortes quantités de sels alcalins et terreux qui, en dernier résultat, passent en grande partie aux engrais. Ce que certaines sources amènent continuellement de matières salines à la surface du sol est vraiment remarquable ; le puits artésien de Grenelle, dont l'eau est considérée comme d'une grande pureté, en entraîne annuellement avec elle environ 60 000 kilogrammes [1]. La proportion et la nature des substances

[1] D'après un renseignement que je dois à la complaisance de M. Mary, ingénieur en chef, chargé des eaux de Paris, le puits de Grenelle débite,

salines contenues dans les eaux potables sont d'ailleurs extrêmement variables; aussi a-t-on reconnu que les sources, les rivières ne sont pas fertilisantes au même degré, et, à une époque où l'on se préoccupe sérieusement de l'irrigation, je crois devoir répéter ce que j'ai déjà dit ailleurs, c'est que, sous le rapport agricole, une étude approfondie des eaux considérées relativement aux sels qu'elles renferment serait de la plus grande utilité (1).

en moyenne, chaque jour 1100 mètres cubes d'eau. Suivant l'analyse de M. Payen, on trouve qu'annuellement cette masse d'eau amène à la surface du sol :

	kg
Carbonate de chaux	27375
Carbonate de magnésie	5840
Carbonate de potasse	12045
Sulfate de potasse	4745
Chlorure de potassium	4380
Silice	2190
Matières organiques	3285
	59860

(1) *Économie rurale*, t. II, p. 252.

DE L'INFLUENCE
QUE
CERTAINS ALIMENTS EXERCENT
SUR LA
PROPORTION DE MATIÈRES GRASSES CONTENUES DANS LE SANG.

Dans certaines circonstances, le sérum du sang prend un aspect lactescent occasionné par des globules de graisse tenus en suspension. Tel sérum laiteux renferme jusqu'à 12 pour 100 de matières grasses; plusieurs physiologistes assurent même qu'on peut développer la lactescence du sang en nourrissant des animaux avec de la graisse. Enfin le même phénomène se manifesterait chez les individus soumis, pendant un temps suffisant, à un régime surabondant provoquant l'engraissement.

Je suis loin de vouloir contester absolument ces assertions; mais comme, dans mes expériences sur la digestion, j'ai eu l'occasion de remarquer dans quelle faible proportion la graisse des aliments est absorbée par l'appareil intestinal, je ne puis m'empêcher d'émettre un doute que de nouvelles observations lèveront prochainement. Les recherches que j'ai faites ont eu simplement pour objet d'examiner si, pendant la digestion d'un aliment très-chargé de graisse, le sang est notablement plus gras qu'alors que l'animal digère un aliment ne renfermant pas de matières grasses.

Déjà MM. Sandras et Bouchardat ont établi, dans leurs travaux sur la digestion, que la nature des aliments n'exerce pas une influence bien prononcée sur la quantité des principes gras du sang. Ainsi, que ces aliments soient de l'huile d'amande, du suif, de l'axonge, ou de la soupe faite avec

du pain et du bouillon dégraissé, le sang des chiens soumis à ces différents régimes renfermera constamment deux ou trois millièmes de principes gras. La présence de cette faible proportion de graisse dans le sang de l'animal nourri avec de la soupe, MM. Sandras et Bouchardat l'expliquent en rappelant que le pain et le bouillon ne sont pas exempts d'une certaine quantité de substances grasses.

Ces résultats sont confirmés par mes recherches, en ce sens, que le sang des volatiles sur lesquels j'ai expérimenté ne renferme aussi qu'une quantité minime de principes gras, quatre à cinq millièmes environ. Comme les physiologistes que je viens de citer, j'ai constaté que le sang des animaux nourris avec des aliments non gras contient tout autant de matières grasses que le sang des animaux qui consomment une nourriture très-abondante en graisse; mais je ne puis, avec eux, attribuer l'origine de cette graisse du sang à de faibles proportions de matières huileuses préexistant dans l'aliment, puisque j'ai fait consommer de l'amidon et du blanc d'œuf, substances à peu près exemptes de substances grasses. Il y a plus, et c'est là, je crois, une preuve évidente que la graisse du sang n'a pas toujours pour origine immédiate la graisse de l'aliment, c'est que, dans le sang d'animaux privés de nourriture depuis plusieurs jours, on rencontre autant de principes gras que dans le sang d'un animal nourri avec du lard ou avec des noix.

On a procédé de la manière suivante :

Les animaux mis en expérience n'avaient pas mangé depuis trente-six heures. Dans chacun des lots formés, on tuait un individu à jeun; les autres étaient nourris avec divers aliments pendant un certain temps.

Le sang recueilli dans une capsule était pesé, séché à l'étuve, puis broyé pour être de nouveau soumis à une dessiccation prolongée à la température de 120 degrés; le sang a été considéré comme sec lorsque la perte de poids n'était plus que de quelques milligrammes après une heure de

dessiccation. J'indique cette circonstance, parce que je ne suis pas parvenu à obtenir une matière sèche qui ne continuât pas à éprouver une perte faible à la vérité, mais une perte sensible, par un séjour prolongé dans l'étuve chauffée à 130 degrés. J'ai, par curiosité, maintenu une dessiccation de sang pendant plusieurs jours, et la matière a constamment éprouvé une perte. Il n'est pas impossible qu'à cette température les matières organiques éprouvent une sorte de combustion très-lente.

Le sang desséché était traité à plusieurs reprises par l'éther. La matière grasse abandonnée par l'éther a toujours été lavée à l'eau avant d'avoir été pesée; cette matière s'est toujours offerte à l'état d'une graisse jaune, ayant la consistance du miel et une odeur caractéristique et désagréable. La matière grasse du sang paraît être identique à celle que l'on extrait du chyme. Je crois inutile d'entrer dans le détail des expériences; il suffira d'en résumer les résultats :

	QUANTITÉ de sang sur laquelle on a opéré.	SANG SEC obtenu.	MATIÈRE sèche pour 1 de sang.	GRAISSE obtenue.	PROPORTION de graisse dans le sang normal.	NOURRITURE consommée.
Première série.	gr	gr	gr	gr		
	17,30	2,86	0,1893	0,036	0,0021	Amidon.
igeons de 3 semaines.	17,34	3,27	0,1946	0,097	0,0056	Blanc d'œuf.
	14,95	2,86	0,1913	0,065	0,0043	Rien.
	14,315	2,58	0,1800	0,071	0,0046	Amidon.
Deuxième série.	15,40	2,99	0,1942	0,085	0,0055	Blanc d'œuf.
igeons de 1 mois.....	14,435	2,83	0,1961	0,094	0,0065	Lard.
	13,94	3,03	0,2174	0,044	0,0036	Rien.
	13,325	2,52	0,1906	0,094	0,0070	Rien.
Troisième série.	48,71	7,50	0,1540	0,204	0,0042	Amidon.
nards	34,26	6,27	0,1825	0,152	0,9044	Blanc d'œuf, gélatine.
	37,55	8,105	0,2158	0,277	0,0049	Noix.
	33,57	6,02	0,1793	0,144	0,0034	Rien.

SUR LA

PRÉSENCE DU BICARBONATE DE POTASSE

DANS L'URINE DES HERBIVORES.

Les faits que j'ai observés en me livrant à ces recherches me semblent devoir intéresser les physiologistes et les chimistes; ils ajouteront d'ailleurs aux connaissances que nous possédons sur la constitution de l'urine des herbivores.

Mes observations portent sur des urines examinées immédiatement après leur émission.

§ I. — Urine de porc.

Celle que j'ai examinée provenait d'un individu qui ne mangeait rien autre chose que des pommes de terre cuites dans de l'eau légèrement salée : cette urine, d'une limpidité parfaite, d'un jaune très-pâle, d'une odeur peu intense, avait une réaction alcaline très-prononcée, bien qu'elle fût presque sans saveur. L'addition d'un acide y déterminait une assez vive effervescence; à la température de 12°,5, j'ai trouvé, pour sa densité, 1,0136.

Quand on chauffe l'urine du porc, elle se trouble en laissant déposer quelques légers flocons de carbonate de magnésie et de carbonate de chaux. La chaux n'y entre certainement que pour une bien faible proportion, car l'oxalate d'ammoniaque ne trouble pas d'abord l'urine fraîche; la liqueur ne devient louche qu'après qu'il s'est écoulé un certain temps, et, quand l'urine a bouilli, quand le dépôt dont j'ai parlé est formé, elle ne contient plus une trace de chaux.

Carbonate de magnésie. — De 100 grammes d'urine on a retiré, par l'ébullition et la calcination du dépôt, 0,042 de magnésie calcinée, renfermant une trace de carbonate de chaux. Cette magnésie représente 0,87 de carbonate pour 1000 parties d'urine.

Azote, urée. — 100 grammes d'urine, évaporés au bain-marie, ont fourni 2,12 d'un extrait assez tenace, d'un jaune clair et acquérant par le refroidissement la consistance et l'aspect de la cire; cette matière, fortement alcaline, attirait puissamment l'humidité.

$0^{gr},250$ d'extrait ont produit 23 centimètres cubes d'azote; température, $7°,7$; baromètre à zéro, $737^{mm},8$, soit en poids : 0,027 d'azote, ou 2,29 pour 1000 parties d'urine.

200 grammes d'urine ont été évaporés au bain-marie; le résidu a été repris par un peu d'eau; l'addition de l'acide chlorhydrique a donné lieu à une effervescence des plus vives; mais il ne s'est pas déposé une trace d'acide hippurique. J'ajouterai que je n'ai pas réussi davantage à constater la présence de cet acide en employant à sa recherche les procédés délicats à l'aide desquels Liebig l'a découvert dans l'urine de l'homme. Dans l'urine de porc convenablement concentrée, l'acide azotique faible détermine un abondant précipité d'azotate d'urée; comme cette urine ne contenait pas d'acide urique, ainsi que je m'en suis assuré, je supposerai que la totalité de l'azote dosé appartient à l'urée: 1000 parties d'urine renfermeraient alors 4,90 d'urée.

Sels alcalins, potasse, silice. — 50 grammes d'urine ont été évaporés dans un creuset de platine; l'opération est longue, mais elle s'exécute sans projections, en ayant soin, après avoir incliné le creuset, d'appliquer la flamme de la lampe vers la partie supérieure de la paroi. En augmentant ensuite la chaleur, sans toutefois la rendre assez intense pour fondre la matière, on finit par opérer une combustion complète. Le résidu salin, après avoir été chauffé

au rouge, a pesé $0^{gr},625$; les sels repris par l'eau ont laissé un peu de magnésie; la dissolution alcaline, formée en grande partie de carbonate de potasse, a été traitée par l'acide chlorhydrique : on a desséché, puis repris par l'eau qui, cette fois, a laissé 0,0035 de silice, ou 0,07 pour 1000 parties d'urine. Le chlorure de platine a formé dans la dissolution saline $1^{gr},851$ de chlorure double = 0,360 de potasse, ou 7,20 pour 1000 parties d'urine.

Acide phosphorique. — Des cendres de 50 grammes d'urine on a obtenu 0,035 de pyrophosphate de magnésie provenant de la calcination du phosphate ammoniacomagnésien : soit, pour 1000 parties d'urine, 0,44 d'acide phosphorique (1).

Acide sulfurique. — $60^{gr},45$ d'urine incinérés ont donné 0,180 de sulfate de baryte = 0,062 d'acide sulfurique; pour 1000 parties d'urine, 1,02.

Chlorure de sodium. — $144^{gr},08$ d'urine ont produit 0,138 de chlorure d'argent fondu. Le chlore paraît uni au sodium, du moins en partie, car on retire des cendres de l'urine des cristaux de sel marin; il y aurait alors dans 1000 parties d'urine 0,39 de chlorure de sodium.

Si l'on verse dans l'urine de porc alcaline une dissolution concentrée d'un sel de chaux, il y a effervescence, en même temps qu'un précipité de carbonate calcaire; c'est là un caractère des bicarbonates alcalins.

$159^{gr},55$ d'urine traités par l'eau de chaux, à l'abri de l'air, ont laissé déposer $2^{gr},337$ de carbonate.

Ce serait, pour 1000 grammes d'urine, carbonate de chaux	$14^{gr},65$
Retranchant $0^{gr},87$ de carbonate de magnésie et $0^{gr},07$ de silice	0,94
Il reste pour le carbonate de chaux	13,71

(1) Il est vraisemblable que l'urine de porc contient une faible quantite

Dans 1000 grammes d'urine, on aurait dosé 6gr,03 d'acide carbonique constituant des bicarbonates.

Recherchons à présent la potasse qui devait être unie à l'acide carbonique.

On a vu que 50 grammes d'urine ont donné, par l'incinération, 0gr,625 de sels alcalins, pour 1000... 12gr,50

Dans ces sels, il devait y avoir :

					gr
Magnésie					0,42
Silice					0,07
SO^3..	1gr,02 +	KO..	1gr,20 =	SO^3KaO...	2,22
PO^5..	0gr,44 +	2KO..	0gr,58 =	$PO^5 2KaO$.	1,02
ClNa					0,39
					4,12

En retranchant ce nombre des 12gr,50 de sels alcalins, il reste 8gr,38, que l'on peut considérer comme du carbonate de potasse équivalent à 5gr,71 de potasse KaO, exigeant 5gr,34 d'acide carbonique pour former 11gr,05 de bicarbonate de potasse.

L'acide carbonique dosé par l'eau de chaux = 6gr,03 : c'est un excédant de 0gr,69; mais l'urine renferme certainement, au moment de l'émission, de l'acide carbonique libre.

	gr
La potasse dosée par le chloroplatinate pesait....	7,20
Retranchant la potasse unie à SO^3 et à PO^5......	1,78
Il reste	5,42

pour la potasse que l'on aurait dû trouver à l'état de carbonate dans les sels alcalins provenant de l'incinération de l'urine; on en a obtenu 5gr,71.

---

de phosphate ammoniacomagnésien. Pelouze m'a dit avoir analysé des calculs retirés de la vessie du porc, formés de phosphate ammoniacomagnésien. Quelques-uns de ces calculs consistaient en oxalate de chaux.

Dans 1000 grammes d'urine de porc, on a dosé :

	gr
Bicarbonate de potasse........	11,05
Urée..........	4,90
Carbonate de magnésie	0,87
Carbonate de chaux.... ...	Traces
Sulfate de potasse.........	2,22
Phosphate de potasse..	1,02
Chlorure de sodium.	0,39
Silice	0,07
Matières fixes.......	20,52
Eau et substances indéterminées..	979,48
	1000,00

Les matières fixes obtenues directement, en évaporant l'urine, pesaient 21^{gr},20.

Je n'ai pas trouvé d'acide hippurique.

La présence du bicarbonate de potasse dans l'urine de porc était indiquée par le dosage de l'acide carbonique; néanmoins j'ai cru devoir vérifier le fait par une expérience spéciale. L'urine venait d'une truie nourrie avec des pommes de terre et des eaux grasses; elle était alcaline, faisait effervescence avec les acides et laissait déposer du carbonate de magnésie par l'ébullition. Le sulfate de magnésie n'occasionnait pas de précipité dans l'urine fraîche; mais, après qu'on l'eut fait bouillir et filtrée, le même sel y faisait naître un dépôt de carbonate de magnésie.

156^{gr},48 d'urine ont donné, par l'eau de chaux, 0,504 de carbonate.

De 156^{gr},48 d'urine on a obtenu, par le chlorure de calcium, 0,250 de carbonate de chaux, c'est-à-dire moitié moins.

Négligeant les très-petites proportions de matières étrangères, on a, dans 1000 parties d'urine :

Par l'eau de chaux : acide carbonique.. .	1,41
Par le chlorure de calcium.	0,70

§ II. — Urine de vache.

La vache mangeait du regain et des pommes de terre. Son urine, recueillie le matin, faisait une très-vive effervescence quand on y versait un acide, et aussitôt elle laissait déposer de nombreux cristaux d'acide hippurique. L'alcalinité de cette urine était des plus prononcées avec les réactifs; cependant sa saveur était plutôt amère qu'alcaline. J'ai trouvé, pour sa densité prise à la température de 12°,2, 1,040.

L'urine de vache a offert plusieurs des propriétés de l'urine de porc, tendant à y faire admettre la présence d'un bicarbonate alcalin; la seule différence, c'est que ces propriétés sont bien plus tranchées dans l'urine de vache, à cause de la plus forte proportion de principes solubles qu'elle contient. Ainsi l'oxalate d'ammoniaque trouble lentement cette urine : une fois qu'elle a bouilli, elle n'est plus troublée par ce réactif; or, pendant l'ébullition, il se dépose du carbonate de magnésie mêlé d'un peu de carbonate de chaux, et en même temps il se dégage de l'acide carbonique.

Quand on verse dans de l'urine fraîchement rendue une solution de chlorure de calcium, on remarque une effervescence très-sensible, due à un dégagement de gaz acide carbonique. C'est précisément ce qui se passe quand on mêle une dissolution d'un sel neutre de chaux à un bicarbonate alcalin. L'urine fraîche de vache traitée par la potasse n'a pas donné de vapeurs ammoniacales.

Carbonate de magnésie et carbonate de chaux. — 119gr,15 d'urine ont laissé déposer, par suite d'une ébullition prolongée, un précipité blanc; chauffé au-dessous du rouge naissant, il a pesé 0,337; c'étaient de la magnésie et du carbonate de chaux. De la chaux on a formé 0,064 de sulfate = 0,065 de carbonate; la magnésie devint alors 0,273.

Dans 1000 grammes d'urine de porc, r 4,74 de

Bicarbonate de potasse........ haux.
Urée........ ....)o d'urine
Carbonate de magnésie. ... donné un
Carbonate de chaux...... -dessous du
Sulfate de potasse...... 4,081
Phosphate de potasse.. .orure de calcium
Chlorure de sodium. ırbonique; on a fait
Silice ... ... : beaucoup d'eau, on a
Matières fixes... ıu'à ce que l'eau de lavage
Eau et substance, ıte d'ammoniaque.

›sous du rouge a pesé.. 2,170

Les matières fix grammes d'urine :
l'urine, pesaient '
Je n'ai pas tr ,ar l'eau de chaux eût pesé. 20gr,684
La présence ıate de chaux préexistant dans
porc était ir .ıagnésie du carbonate de ma-
néanmoins .nposé par la chaleur...... 2,806
spéciale. ,r le carbonate dosant l'acide carbo-
...... 17,878 = CO². 7gr,87
pomme ,ite produit par le chlorure de calcium
faisait 11,000
carb ,chant...... 2,806
gn ,te pour le carbonate dosant l'acide carbo-
r ,que...... 8,194 = CO². 3,61

ıinsi, par le dosage fait avec l'eau de chaux, 1000 grammes ı urine contiendraient 7gr,87 d'acide carbonique; par le do- ıge fait avec le chlorure de calcium, 3gr,61, à peu près ıoitié moins. C'est que, dans le premier cas, on a précipité la totalité de l'acide du bicarbonate alcalin, et, dans le second cas, la moitié seulement de l'acide carbonique, l'autre moitié ayant repris l'état gazeux par suite de la double décomposition accomplie entre le sel alcalin et le sel calcaire. Théoriquement, l'acide carbonique dosé par l'eau de chaux devrait peser le double de l'acide carbonique dosé par le chlorure de calcium, c'est-à-dire 7gr,22 et non

˙xcédant de 0gr,61. Cet excès est dû
de l'acide carbonique libre.
absorbés par de l'oxyde de
5cc,7 d'azote; tempéra-
mm,55, le gaz mesuré

.ıvait, d'après cette ana-

– 987 grammes d'urine, con-
.ı fourni, par l'addition de l'acide
7 d'acide hippurique très-peu coloré
.egrés. Les eaux de lavage renfermaient
cet acide. Ainsi 1000 parties d'urine ont
d'acide hippurique, contenant 1,05 d'azote.
uant à l'urée l'excès d'azote (8,30) indiqué par
.yse, on aurait dans 1000 parties d'urine de vache
.7,77 d'urée.

Sels alcalins, potasse. — 33gr,417 d'urine, évaporés et incinérés dans un creuset de platine, ont laissé 1,190 de sels alcalins parfaitement blancs, pour 1000 grammes, 23gr,82. Ces sels, changés en chlorure et calcinés de nouveau, ont abandonné, en se dissolvant, 0,06 de magnésie contenant une petite quantité de silice. Par le chlorure de platine, on a eu 3,491 de chlorure double représentant 0,674 de potasse; 20,17 pour 1000 parties d'urine.

Acide phosphorique. — Le carbonate de chaux obtenu en versant du chlorure de calcium dans l'urine ne renfermait pas de phosphate calcaire.

Acide sulfurique. — En dosant cet acide dans 119gr,15 d'urine, j'ai recueilli 0,573 de sulfate de baryte = 0,197 d'acide sulfurique; pour 1000 parties, 1,65.

Chlorure de sodium. — De 119gr,15 d'urine j'ai pu obtenir 0,443 de chlorure d'argent, équivalant à 0,181 de sel marin; pour 1000 parties, 1,60.

1000 parties d'urine contenaient, par conséquent, 4,74 de carbonate de magnésie, et 0,55 de carbonate de chaux.

Acide carbonique uni aux alcalis. — 197^{gr},30 d'urine traités par l'eau de chaux, à l'abri de l'air, ont donné un précipité qui, bien lavé, séché et chauffé au-dessous du rouge, a pesé............................ 4,081

Dans 197^{gr},3 d'urine, on a versé du chlorure de calcium en excès : il y a eu dégagement d'acide carbonique; on a fait bouillir, puis, après avoir étendu de beaucoup d'eau, on a recueilli et lavé le précipité jusqu'à ce que l'eau de lavage ne fût plus troublée par l'oxalate d'ammoniaque.

Le précipité chauffé au-dessous du rouge a pesé.. 2,170

Rapportant à 1000 grammes d'urine :

I.	Le précipité produit par l'eau de chaux eût pesé.	20^{gr},684	
	Déduisant le carbonate de chaux préexistant dans l'urine et la magnésie du carbonate de magnésie décomposé par la chaleur........	2,806	
	Il reste pour le carbonate dosant l'acide carbonique..................................	17,878 = CO^2.	7^{gr},87
II.	Le précipité produit par le chlorure de calcium eût pesé..................................	11,000	
	Retranchant..................................	2,806	
	Il reste pour le carbonate dosant l'acide carbonique..................................	8,194 = CO^2.	3,61

Ainsi, par le dosage fait avec l'eau de chaux, 1000 grammes d'urine contiendraient 7^{gr},87 d'acide carbonique; par le dosage fait avec le chlorure de calcium, 3^{gr},61, à peu près moitié moins. C'est que, dans le premier cas, on a précipité la totalité de l'acide du bicarbonate alcalin, et, dans le second cas, la moitié seulement de l'acide carbonique, l'autre moitié ayant repris l'état gazeux par suite de la double décomposition accomplie entre le sel alcalin et le sel calcaire. Théoriquement, l'acide carbonique dosé par l'eau de chaux devrait peser le double de l'acide carbonique dosé par le chlorure de calcium, c'est-à-dire 7^{gr},22 et non

pas $7^{gr},87$. Il y a un excédant de $0^{gr},61$. Cet excès est dû à ce qu'il y a dans l'urine de l'acide carbonique libre.

Azote. — $3^{gr},105$ d'urine, absorbés par de l'oxyde de cuivre et brûlés, ont produit $25^{cc},7$ d'azote; température, $19^{o},2$; baromètre à zéro, $747^{mm},55$, le gaz mesuré sur l'eau.

Dans 1000 parties d'urine, il y avait, d'après cette analyse, 9,35 d'azote.

Acide hippurique, urée. — 987 grammes d'urine, concentrés au bain-marie, ont fourni, par l'addition de l'acide chlorhydrique, $11^{gr},67$ d'acide hippurique très-peu coloré et desséché à 110 degrés. Les eaux de lavage renfermaient encore 1,25 de cet acide. Ainsi 1000 parties d'urine ont donné 13,1 d'acide hippurique, contenant 1,05 d'azote. En attribuant à l'urée l'excès d'azote (8,30) indiqué par l'analyse, on aurait dans 1000 parties d'urine de vache 17,77 d'urée.

Sels alcalins, potasse. — $33^{gr},417$ d'urine, évaporés et incinérés dans un creuset de platine, ont laissé 1,190 de sels alcalins parfaitement blancs, pour 1000 grammes, $23^{gr},82$. Ces sels, changés en chlorure et calcinés de nouveau, ont abandonné, en se dissolvant, 0,06 de magnésie contenant une petite quantité de silice. Par le chlorure de platine, on a eu 3,491 de chlorure double représentant 0,674 de potasse; 20,17 pour 1000 parties d'urine.

Acide phosphorique. — Le carbonate de chaux obtenu en versant du chlorure de calcium dans l'urine ne renfermait pas de phosphate calcaire.

Acide sulfurique. — En dosant cet acide dans $119^{gr},15$ d'urine, j'ai recueilli 0,573 de sulfate de baryte = 0,197 d'acide sulfurique; pour 1000 parties, 1,65.

Chlorure de sodium. — De $119^{gr},15$ d'urine j'ai pu obtenir 0,443 de chlorure d'argent, équivalant à 0,181 de sel marin; pour 1000 parties, 1,60.

On a dosé dans 1000 grammes d'urine de vache :

	gr		gr		gr
Bicarbonate de potasse......	14,55	CO^2...	7,22	KaO..	7,73
Hippurate de potasse..	17,41	Acide.	13,10	KaO..	4,31
Sulfate de potasse...	2,59	SO^3...	1,65	KaO..	1,94
Chlorure de sodium........	1,60				
Carbonate de magnésie......	4,74				
Carbonate de chaux.........	0,55				
Acide carbonique libre......	0,61				
Acide phosphorique.........	0,00				
Silice................	Traces.				
Potasse....................	7,09				
Urée........	7,17				
Eau et matières indéterminées.	933,69				
	1000,00			KaO..	13,98
La potasse dosée par le chlorure de platine...					20,17
Différence................					6,19

Cet alcali excédant est nécessairement combiné à un acide organique, peut-être à l'acide lactique. En suivant un procédé indiqué par Berzélius pour déceler cet acide dans l'urine de l'homme, j'ai retiré de l'urine de porc et de l'urine de vache un sel soluble de chaux ayant les propriétés attribuées aux lactates. Avec 150 grammes d'urine de porc on a préparé $0^{gr},1$ de sel de chaux; c'était trop peu pour tenter d'en extraire l'acide lactique, et j'ai eu recours, pour en constater la présence, à un procédé recommandé par Pelouze. Dans la dissolution du sel de chaux, on a versé du nitrate de cuivre, puis un lait de chaux : le précipité a été séparé; dans la liqueur filtrée, on reconnut une quantité très-appréciable d'oxyde de cuivre que la chaux n'avait pas précipitée. Ce serait un des caractères de l'acide lactique que d'empêcher l'entière précipitation de l'oxyde des sels de cuivre par un alcali. J'avais donc admis, sous la responsabilité de Pelouze, en me fondant sur cette réaction, l'acide lactique dans l'urine des herbivores: mais n'étant pas encore parvenu à en extraire cet acide, qui probablement n'est pas le seul capable de s'opposer

à la complète décomposition d'un sel de cuivre par un alcali, je ne considère plus comme suffisamment démontrée l'existence des lactates alcalins dans l'urine fraîche des herbivores. De nouvelles recherches sont donc nécessaires; je me borne, par conséquent, à signaler dans l'urine de vache un acide uni aux $7^{gr},09$ de potasse restés disponibles [1].

§ III. — Urine d'un cheval nourri avec du trèfle vert et de l'avoine.

Cette urine était très-alcaline. L'urine de cheval laisse déposer, au moment même où elle est rendue, un sédiment calcaire très-abondant, et, comme les derniers jets sont troubles, il est à présumer qu'une partie de ce sédiment est déjà formé dans la vessie.

Le dépôt calcaire a été recueilli et analysé séparément; l'urine qui le surnageait avait une couleur jaune extrêmement pâle; mais, au contact de l'air, elle passait promptement au brun foncé. J'ai trouvé, pour sa densité déterminée à la température de 22 degrés, 1,0373.

Carbonate de chaux et carbonate de magnésie. — 100 grammes d'urine ont laissé, après l'ébullition, une matière blanche qui, chauffée à la lampe, a pesé $0^{gr},59$.

Le dépôt rassemblé au fond du vase dans lequel l'urine avait été reçue a été jeté sur un filtre et lavé à grande eau. Après avoir été chauffé à une chaleur qui n'atteignit pas le rouge, ce sédiment, qui provenait de 2600 grammes d'urine, a pesé $18^{gr},01$. Cette matière avait l'aspect et la ténuité de la farine; elle s'est dissoute avec effervescence dans l'acide chlorhydrique faible, sans laisser de résidu. De $1^{gr},87$ on a

---

(1) Je dois faire observer que, pour tirer une conclusion certaine quand on emploie le procédé de Pelouze pour constater la présence de l'acide lactique, il faut, avant tout, s'assurer de l'absence de sels ammoniacaux dans la liqueur soumise à l'essai.

obtenu, au moyen de l'acide sulfurique et de l'alcool, 2,14 de sulfate de chaux, équivalant à 1,577 de carbonate; par différence on a, pour la magnésie renfermée dans 1,87 de matière, 0,293.

Dans 100 parties de sédiment calciné à une température suffisante pour chasser l'acide carbonique du carbonate de magnésie, il entre, d'après cette analyse :

Carbonate de chaux......	84,33
Magnésie.............	15,67
	100,00

Le sédiment recueilli et celui qu'on aurait obtenu si l'on eût fait bouillir les 2600 grammes d'urine auraient pesé, après une calcination convenable, 33gr,35, dans lesquels il y aurait eu 5,226 de magnésie, équivalant à 10,82 de carbonate et 28,124 de carbonate de chaux. Ainsi, dans 1000 parties d'urine, il entrait 10,82 de carbonate de chaux et 4,16 de carbonate de magnésie.

Acide carbonique uni à l'alcali. — 200 grammes d'urine ont donné, par l'eau de chaux, un précipité qui, chauffé à la lampe, a pesé 4gr,61.

200 grammes d'urine, traités par le chlorure de calcium avec les précautions déjà indiquées, ont donné un précipité du poids de 2gr,876.

Mais, comme 200 grammes d'urine laissent déposer, par l'ébullition, un précipité de carbonate de chaux et de magnésie qui pèse 1,18, et que l'on doit retrancher des nombres obtenus ci-dessus, il reste alors, pour les précipités formés :

A. Par l'eau de chaux : carbonate de chaux.	3,437	Acide carboniq.	1,500
B. Par le chlorure : carbonate de chaux..	1,696	Acide carboniq.	0,746

Pour 1000 parties d'urine :

D'après A : acide carbonique......	7,50
» B : »	3,73

Azote. — 2gr,007 d'urine, imbibés dans de l'oxyde de cuivre, ont produit, par la combustion, 25cc,5 d'azote, à la température de 14°,5, baromètre à zéro, 744mm,63.

1000 parties d'urine contiendraient, suivant cette détermination, 14,41 d'azote.

Acide hippurique, urée. — 1037 grammes d'urine, concentrés par l'évaporation et traités par l'acide chlorhydrique, ont donné 3gr,90 d'acide hippurique. Ainsi 1000 parties de l'urine examinée contenaient 3,76 d'acide hippurique renfermant 0,30 d'azote. Il resterait donc dans l'urine, en supposant qu'elle ne contînt pas d'autres principes azotés que de l'acide hippurique et de l'urée, 14,11 d'azote, qui appartiendraient à cette dernière substance. Il y aurait eu alors, dans 1000 parties d'urine de cheval, 30,21 d'urée.

Sels alcalins, potasse. — 19gr,71 d'urine ont laissé 0,524 de cendres alcalines, qu'on a transformées en chlorure. Après la dissolution, il est resté un léger résidu, dans lequel on a trouvé 0,02 de silice. Les chlorures alcalins, avec lesquels se trouvait une très-petite quantité de sulfate de potasse, pesaient 0,542; on a produit 1,38 de chlorure double, répondant à 0,266 de potasse; pour 1000 parties d'urine, 13,50.

Acide phosphorique. — Le précipité, par le chlorure de calcium, ne renfermait pas de phosphate.

Acide sulfurique. — De 200 grammes d'urine, j'ai obtenu 0gr,315 de sulfate de baryte.

Chlorure de sodium. — De 50 grammes d'urine, j'ai formé 0,037 de chlorure d'argent, équivalant à 0,015 de sel marin; pour 1000 parties, 0,74.

Soude. — Cette faible proportion de chlorure de sodium m'a fait rechercher la soude, recherche que j'ai négligée dans les analyses précédentes. Les chlorures provenant de l'action de l'acide chlorhydrique sur la cendre alcaline de 19gr,71 d'urine pesaient 0gr,542. Le chlorure de potassium, le sulfate de potasse et le chlorure de sodium

déjà dosé qui s'y trouvaient mélangés devaient peser 0.459. Il reste, par conséquent, 0,083 pour le chlorure de sodium dosant 0,044 de soude ; pour 1000 parties d'urine, 2,23.

Le mode d'essai de Pelouze indiquerait la présence de l'acide lactique dans l'urine de cheval ; mais il ne convient pas, je crois, de doser par différence une substance qu'on n'a pas aperçue.

Les acides dosés demandent, pour constituer des sels de potasse :

0,54 d'acide sulfurique : potasse.............	0,64
3,76 d'acide hippurique : potasse...........	1,24
7,46 d'acide carbonique, pour bicarbonate.....	7,98
	9,86

Il resterait ainsi 3^{gr},64 de potasse et 2,23 de soude, qui sont unis à un acide non déterminé.

On a dosé dans 1000 parties d'urine de cheval :

	gr		gr		gr
Bicarbonate de potasse.....	15,44	CO^2....	7,46	KaO..	7,98
Hippurate de potasse......	5,00	Acide..	3,76	KaO..	1,24
Sulfate de potasse.......	1,18	SO^3...	0,54	KaO..	0,64
Chlorure de sodium........	0,74				
Carbonate de magnésie...	4,16				
Carbonate de chaux...	10,84				
Acide carbonique libre ...	0,08				
Acide phosphorique....	0,00				
Silice.........	1,01				
Potasse.......	3,90				
Soude.........	2,23				
Urée................	30,21				
Eau et matières indéterminées.	925,21				
	1000,00			KaO..	9,86
La potasse dosée par le chlorure de platine..............					13,50
Différence..........................					3,64

Ces 3^{gr},64 de potasse et les 2,23 de soude sont combinés à un acide dont la nature n'a pas été déterminée.

§ IV. — Urine d'une vache nourrie avec du trèfle vert.

Les détails dans lesquels je suis entré me paraissent prouver suffisamment que, dans l'urine des herbivores, l'acide carbonique constitue, avec l'alcali, un bicarbonate; j'ai désiré, néanmoins, apporter encore une nouvelle preuve.

L'urine que j'ai examinée venait d'être rendue par une vache nourrie avec du trèfle en fleur; cette urine était d'une limpidité parfaite, à peine colorée en jaune à l'instant de l'émission. A la température de 16 degrés, elle a pesé, spécifiquement, 1,0268; ses propriétés alcalines étaient prononcées; l'acide chlorhydrique y produisait une forte effervescence, et, après quelques instants, il apparaissait des cristaux d'acide hippurique, mais en moins grande quantité qu'il ne s'en était déposé dans l'urine de la vache nourrie avec du foin et des pommes de terre.

308 grammes de cette urine, traités par l'eau de chaux, ont formé un précipité qui, après calcination au-dessous du rouge, a pesé 2,60.

308 grammes de la même urine ont été introduits dans un ballon d'une capacité de 2 litres. Du col du ballon partait un tube aboutissant à un grand flacon à goulot étroit, rempli d'eau de chaux. On a chauffé le ballon; à mesure que la température s'élevait, on voyait se former et s'étendre à la surface de l'urine une pellicule irisée de carbonate terreux; il se dégageait quelques bulles de gaz, et c'est à partir de cette époque qu'on aperçut un trouble sensible dans l'eau de chaux. Ce trouble augmenta de plus en plus; mais c'est au moment qui précéda l'entrée en ébullition qu'il y eut un dégagement tumultueux d'acide carbonique. Le gaz continua à passer encore pendant longtemps; on ôta le feu quand on jugea qu'il ne passait plus que de la vapeur d'eau.

L'urine, qui était limpide lorsqu'elle fut mise dans le ballon, est devenue laiteuse par suite de l'ébullition, à cause des carbonates terreux qu'elle tenait en suspension. Le carbonate formé dans l'eau de chaux, par le courant de gaz acide carbonique, a pesé 1,29.

Cette expérience n'avait pas pour objet un dosage exact; mais elle fait voir clairement que l'acide carbonique, dégagé de l'urine par l'ébullition, est à très-peu près la moitié de l'acide dosé directement et en totalité. L'urine de vache s'est donc comportée, dans cette circonstance, comme l'eût fait la dissolution d'un bicarbonate.

La propriété que possède l'urine de vache de perdre sa limpidité par l'ébullition ou par une exposition prolongée à l'air, en laissant déposer, dans les deux cas, des carbonates terreux, indique que cette urine doit contenir de l'acide carbonique libre. Je tenais à constater ce fait.

J'ai mis, dans un flacon tubulé, de l'urine de vache; le tube du flacon plongeait dans un vase contenant de l'eau de baryte non saturée. L'urine était recouverte, dans une expérience, d'une couche d'huile de 2 centimètres d'épaisseur, pour s'opposer à la formation des écumes: j'ai trouvé ensuite que cette précaution était inutile. L'appareil a été placé sous la cloche d'une machine pneumatique; à mesure que la pression diminuait sous la cloche, on voyait des bulles de gaz sortir de l'urine; il ne s'est pas élevé d'écume, et bientôt l'eau de baryte a été fortement troublée. Pendant longtemps, cependant, l'urine a conservé sa transparence, et ce n'a été qu'après avoir passé quelques heures dans le vide qu'elle a commencé à se troubler.

La présence de l'acide carbonique libre dans l'urine des herbivores implique nécessairement celle des bicarbonates alcalins; car il ne saurait exister à la fois, dans le même liquide, de l'acide carbonique en liberté et du sous-carbonate de potasse ou de soude.

Écume formée pendant l'ébullition de l'urine des her-

bivores. — Je n'ai point rencontré, dans cette urine, la matière albumineuse, coagulable, signalée par divers chimistes. Il est vrai que, en chauffant l'urine dans une bassine, on voit se former, un peu avant l'ébullition, une écume quelquefois abondante et assez cohérente pour qu'on puisse l'enlever avec une écumoire; mais cette écume, lavée à l'eau froide, ne contient qu'une trace insignifiante de matière organique; elle m'a paru entièrement formée de carbonate de chaux et de carbonate de magnésie.

Matière colorante. — J'ai insisté, à plusieurs reprises, sur la faible coloration de l'urine fraîche. En effet, toutes ces urines, d'un jaune extrêmement pâle quand elles viennent d'être émises, se foncent en couleur par leur exposition à l'air. C'est là, à n'en pas douter, une véritable oxydation. Si l'on répand, par exemple, quelques gouttes d'urine fraîche de cheval sur une assiette de porcelaine, les gouttes semblent incolores; mais en peu de temps, il suffit d'une demi-heure, elles prennent une teinte lie de vin très-prononcée.

Quand on remplit avec de l'urine de vache, à peine colorée, un vase de verre étroit et profond, on voit, en quelques jours, la coloration se propager graduellement depuis la surface jusqu'au fond du liquide.

Dans un flacon hermétiquement fermé et plein d'urine, la coloration n'a plus lieu.

Huile rousse. — Plusieurs auteurs ont signalé, dans l'urine de la plupart des animaux herbivores, une huile rousse, à laquelle seraient dues la couleur et l'odeur de cette urine. Je viens de montrer que l'urine fraîche ne contient pas de matière colorante rouge, et que cette matière est un produit d'oxydation. Quant à l'huile elle-même, j'ai fait de vains efforts pour l'obtenir. On prétend que cette huile peut être obtenue par voie de distillation. J'ai distillé, dans une seule opération, 100 litres d'urine de cheval, et je n'ai pas vu passer une trace d'huile; l'eau con-

densée était incolore et limpide; elle avait l'odeur particulière à l'urine de cheval.

Dans une autre occasion, j'ai concentré 50 litres d'urine de vache, et, après en avoir séparé l'acide hippurique par l'addition d'un excès d'acide chlorhydrique, j'ai distillé, en me servant d'une grande cornue de verre; la distillation a été poussée jusqu'à ce que les sels commençassent à se déposer. L'eau recueillie avait au plus haut degré l'odeur propre à l'urine des herbivores. La présence de l'acide chlorhydrique dans les produits de la distillation a fait naître quelques difficultés pour la purification du principe odorant; mais, d'après quelques essais encore trop imparfaits, je soupçonne que la matière odorante est un acide volatil. Enfin la substance colorante de l'extrait d'urine ne se dissout pas dans l'éther; ce qui arriverait probablement si l'huile rousse avait quelque connexion avec les huiles fixes ou les huiles volatiles. La seule manière d'obtenir quelque chose qui ressemble à l'huile rousse consiste à distiller l'extrait d'urine jusqu'à siccité; mais, par ce moyen, il passe un produit pyrogéné analogue, sinon identique, avec la matière huileuse qui apparaît quand on décompose les hippurates alcalins par le feu.

SUR LA

RUPTURE DE LA PELLICULE DES FRUITS

EXPOSÉS A UNE PLUIE CONTINUE.

ENDOSMOSE DES FEUILLES ET DES RACINES.

Par M. JOSEPH BOUSSINGAULT.

Les fruits à minces pellicules, mûrs ou près de la maturité, se fendillent à la surface lorsqu'ils restent exposés à une pluie persistante ; leur conservation devient alors impossible, et le seul moyen d'en tirer parti quand on ne les consomme pas immédiatement, c'est de leur faire subir la fermentation alcoolique.

Les cerises, les prunes, les abricots, certaines variétés de raisins sont particulièrement sujets à cet accident. La rupture de la pellicule, dans la circonstance que je viens de rappeler, est certainement due à une augmentation de volume résultant d'une accumulation d'eau dans les cellules ; le tissu épidermique, n'étant pas suffisamment élastique, cède, se déchire sur les points où il offre le moins de résistance ; mais à quoi faut-il attribuer cette accumulation ? Serait-ce à ce que l'eau apportée par la séve n'est plus évaporée ? ce qui impliquerait que l'ascension des liquides dans l'organisme d'une plante persiste, malgré les conditions les plus défavorables à l'évaporation : or Hales a montré que la transpiration accomplie à la surface des feuilles est une des principales causes du mouvement de la séve ; aussi ce mouvement cesse-t-il durant la nuit ou par un temps pluvieux, l'absorption par les racines étant alors suspendue. On ne saurait donc admettre que l'eau accumulée provienne de la séve, et il y a tout lieu de croire que, dans un fruit exposé à la pluie, elle pénètre

en traversant la pellicule par endosmose. C'est ce que semblent établir les expériences dont je vais présenter les résultats.

1. Le 1er juillet, à 7 heures du soir, on suspendit dans l'eau une cerise noire. Douze heures après, deux fissures apparurent sur la pellicule. Le fruit a été pesé après avoir été essuyé.

Cerise avant l'immersion. .	6gr,105	
» après l'immersion. .	6,192	
Eau entrée en douze heures. .	0,087	Par heure 0gr,007

Un accroissement de volume occasionné par l'introduction de 0cc,1 d'eau a déterminé la rupture de la pellicule.

2. Le 2 juillet, à 11 heures du matin, une cerise rose pâle (bigarreau) fut suspendue dans l'eau.

A 2 heures de l'après-midi, la cerise n'était pas entamée; néanmoins on reconnut la présence du sucre réducteur dans l'eau d'immersion. A 6 heures du soir, il y avait deux légères fissures.

Cerise avant l'immersion..	9gr,537	
» après l'immersion..	9,635	
Eau entrée en sept heures....	0,098	Par heure 0gr,014

Une augmentation de $\frac{1}{10}$ de centimètre cube avait fait rompre la pellicule.

La cerise fut remise dans l'eau; treize heures après, les déchirures étaient devenues des crevasses de 2 à 3 millimètres d'ouverture.

Après la première immersion, la cerise avait pesé..........	9gr,635	
Après la seconde immersion. . .	10,000	
Eau introduite en treize heures..	0,365	Par heure 0gr,028

Entre la deuxième et la troisième pesée, il a pénétré dans le même temps beaucoup plus d'eau dans le fruit qu'entre la première et la deuxième. Cela a tenu à ce que, par suite

de la rupture de la pellicule, le liquide s'est trouvé en contact direct avec les cellules de la pulpe. Dans cette condition, il n'est pas rare de voir, après une pluie continue, les fruits présenter des crevasses assez larges, assez profondes pour que le noyau soit mis à nu.

3. Pour déterminer la nature du sucre sortant par endosmose des fruits immergés, on recouvrit d'eau 1 kilogramme de cerises noires. Vingt-quatre heures après, quelques cerises avaient leurs pellicules rompues. L'eau d'immersion fut évaporée, jusqu'à ce que 100 centimètres cubes renfermassent 6 à 7 grammes de matière sucrée. Le liquide ainsi concentré réduisait la solution cupropotassique. Le pouvoir rotatoire dextrogyre du sucre dissous a été trouvé notablement inférieur à celui du sucre interverti.

4. *Mirtyles.* — Les baies de ce fruit sont très-consistantes; aussi résistent-elles à l'action de la pluie. Après une immersion prolongée pendant quarante-huit heures, on ne remarqua pas de rupture. L'eau était colorée en bleu; il ne s'y trouvait pas de sucre interversible. La dissolution de la matière sucrée réductrice obtenue par endosmose déviait fortement vers la gauche le rayon de lumière polarisée.

5. *Prunes de mirabelles.* — Une prune pesant $13^{gr},015$, d'une surface de 24 centimètres carrés, a été suspendue dans l'eau. Cinq heures après, la pellicule était rompue sur plusieurs points. Avant la rupture, on avait reconnu la présence du sucre dans l'eau d'immersion.

	gr	
Avant l'immersion, la prune pesait	13,015	
Après l'immersion	13,310	
Eau introduite en cinq heures.	0,295	Par heure $0^{gr},059$

Par heure et par centimètre carré. . . . . $0^{gr},0025$.

Une augmentation de $\frac{3}{10}$ de centimètre cube dans le volume du fruit avait fait rompre la pellicule.

6. *Prunes noires.* — Une prune du poids de 41gr,80, dont la surface était de 46cq,3, a présenté plusieurs fissures, après être restée dans l'eau pendant vingt-quatre heures. Avant la rupture de la pellicule, l'eau renfermait du sucre.

Poids avant l'immersion...	41gr,80		
Après l'immersion.......	45,35		
Eau entrée en vingt-quatre heures	3,55	Par heure	0gr,148
Par heure et par centimètre carré.............			0gr,0032.

La rupture a lieu par un accroissement de 3cc,5 dans le volume du fruit.

7. *Poire.* — Une poire a été tenue en suspension dans l'eau; trois jours après, il y eut apparition de sucre. La rupture de la pellicule n'eut pas lieu avant le douzième jour :

Avant l'immersion, la poire pesait	58gr,49	Surface	71cq,7
Après l'immersion...........	61,50		
Eau entrée en douze jours...	3,01	Par jour	0gr,251
Par jour et par centimètre carré................			0gr,0035.

L'eau n'a pénétré dans le fruit qu'avec une extrême lenteur. La rupture a eu lieu lorsque le volume eut augmenté de 3 centimètres cubes.

8. *Raisin.* — Deux grains de la variété dite tokai, pesant ensemble 7gr,66, ayant une surface de 5cq,10, ont été plongés dans l'eau. La pellicule de l'un des grains se rompit le cinquième jour. Avant cette rupture l'eau contenait du sucre réducteur.

Avant l'immersion les grains pesaient.	7gr,66		
Après l'immersion...............	8,07		
Eau introduite en cinq jours.	0,41	Par jour	0gr,082
Par jour et par centimètre carré................			0gr,016

La rupture a été déterminée par $\frac{2}{10}$ de centimètre cube d'accroissement dans le volume du grain de raisin.

Plusieurs grappes de raisin ont été mises dans de l'eau. Le jour suivant, avant qu'il y ait eu rupture, l'eau d'immersion a été concentrée. Le liquide renfermait du sucre réducteur ayant un pouvoir rotatoire de — 28°,5 à la température de 15 degrés ; c'est, à très-peu près, le pouvoir rotatoire du sucre interverti.

De ces expériences il paraît résulter que la rupture de la pellicule des fruits sucrés pendant une pluie continue est la conséquence d'un accroissement de volume occasionné par une introduction d'eau. Il en ressort, en outre, que, par endosmose, le fruit cède à l'eau dont il est entouré une partie de sa matière sucrée. La pellicule qui le recouvre agit alors comme une membrane interposée entre deux liquides miscibles et de différente nature.

Feuilles.

Les feuilles exposées à la pluie n'éprouvent pas l'effet que l'on remarque sur la plupart des fruits : leur épiderme reste intact ; elles ne sont cependant pas imperméables : leur parenchyme est accessible à l'air, et elles laissent passer la vapeur aqueuse pendant leur transpiration. Il est vrai que les feuilles se mouillent difficilement, surtout si elles sont rigides et si leur face supérieure est enduite d'un vernis en quelque sorte hydrofuge. On en jugera par une observation faite sur une feuille de laurier-cerise :

I. La feuille pesait...........	3gr,27	Surface	133cq
Après douze heures d'immersion.	3,30		
Eau absorbée.....	0,03	Par heure	0gr,0025
Par heure et par centimètre carré.			0gr,00002

Pour les feuilles moins rigides, la perméabilité est beaucoup plus prononcée.

par évaporation, au $\frac{1}{20}$ de son volume initial. Dans aucun cas on ne réussit à y constater la présence du sucre, soit avant, soit après avoir interverti. Cependant toutes ces racines renfermaient de notables quantités de matières saccharines ; leur saveur était fortement sucrée. Les racines du froment broyées avec de l'eau fournirent une solution réduisant énergiquement la liqueur cupropotassique. Dans $1^{gr},4$ de racines de maïs prises à l'état où on les retira de l'eau, on dosa $0^{gr},1$ de sucre, environ 7 pour 100.

Durant cette végétation naissante des céréales, il s'est formé des feuilles d'une longueur de 8 à 10 centimètres. Par conséquent il y a eu absorption de la part des racines, déterminée par la transpiration des parties vertes.

Or, pendant ce mouvement ascensionnel de l'eau extérieure vers la plante, des matières saccharines n'ont pas été exclues, il n'y a pas eu d'endosmose. Les racines délicates, transparentes, à nombreuses radicelles, des céréales se sont comportées exactement comme la betterave, le navet à épiderme épais ; l'eau les a pénétrées par imbibition des parois cellulaires sans qu'il y eût diffusion du sucre des cellules dans l'eau d'immersion.



SUR LA

NITRIFICATION DE LA TERRE VÉGÉTALE.

Dans un Mémoire communiqué à l'Académie, il y a quelques années, je me suis attaché à faire ressortir l'analogie que présente un sol arable fumé, amendé, ameubli par la charrue, avec une nitrière. Dans les deux cas, on rencontre des matières minérales associées à des détritus organiques.

Les nitrières de l'Algérie, si bien étudiées par le colonel Chabrier, sont des décombres de villages abandonnés, des grottes où, pendant l'hiver, les troupeaux trouvent un abri. Ces matériaux salpêtrés offrent tous ce caractère de renfermer des parcelles d'humus, provenant de substances végétales, de substances animales altérées ou en voie d'altération.

Sous l'équateur, l'importante nitrière de Tacunga, dont j'ai suivi les travaux pendant la guerre de l'indépendance, est une terre dérivant de la désagrégation de roches trachytiques, très-riche en composés humiques, ayant par sa teneur, en principes azotés, en phosphates, en sels calcaires et alcalins, la constitution et la fertilité du terreau.

En Espagne, dans de nombreuses localités, particulièrement dans les environs de Saragosse, on voit des sols, assez féconds pour ne pas exiger de fumier, produisant, à la volonté du cultivateur, soit du salpêtre, soit d'abondantes moissons de froment.

Dans la vallée du Gange, le salpêtre de *houssage*, ef-

fleuri à la surface d'un limon déposé périodiquement par le fleuve, est ramassé à côté de riches cultures de tabac, d'indigo, de maïs.

Sans doute, l'association d'éléments minéraux et organiques n'est pas la condition unique de la formation des nitrates; les inépuisables gisements de nitrate de soude au Pérou, comparables, par leur masse, à des gisements de sel marin, ont une tout autre origine. Enfin l'océan aérien est en réalité une immense nitrière, en ce sens que, toutes les fois qu'un éclair apparaît dans son sein, il y a formation de nitrate, de nitrite d'ammoniaque. Cette union directe de l'azote gazeux avec l'oxygène et l'un des éléments de l'eau est un phénomène considérable de la Physique du globe, sur lequel j'ai souvent insisté; néanmoins je crois devoir reproduire ici les arguments par lesquels j'ai cherché à en démontrer la permanence.

En effet, sans tenir compte de ce qui se passe en dehors des tropiques, en se bornant à considérer la zone terrestre équatoriale, on arrive à cette conclusion que, pendant l'année entière, tous les jours, à tous les instants, l'atmosphère est incessamment sillonnée par des déflagrations électriques, à ce point qu'un observateur placé sous l'équateur, s'il était doué d'un organe assez délicat, y entendrait continuellement le bruit du tonnerre. C'est que, pour un lieu situé dans la région intertropicale, la saison des orages dépend de la position que le Soleil occupe dans l'écliptique; elle se manifeste deux fois par an, alors que l'astre est dans la proximité du zénith, c'est-à-dire lorsque la déclinaison du Soleil est égale à la latitude et de même dénomination.

C'est donc un phénomène électrique qui donne naissance aux composés nitrés, à l'ammoniaque que l'on trouve dans la pluie, dans la neige, dans la grêle, dans les brouillards, composés éminemment fertilisants amenés sur la terre par ces météores aqueux.

J'ajouterai que pendant la combustion de certains corps dans l'air il y a formation d'acide nitrique.

Dans la terre végétale, dans les matériaux d'une nitrière artificielle, tout tend à faire présumer que l'acide nitrique est surtout développé aux dépens de l'azote des substances organiques. Les salpêtriers ont d'ailleurs reconnu, depuis longtemps, que le sang, l'urine, les détritus des animaux favorisent singulièrement la production du nitre. C'est sur cette donnée pratique que les anciens chimistes basèrent leur opinion sur l'utilité des matières animales introduites dans une nitrière, opinion adoptée par Lavoisier, et que, plus tard, Gay-Lussac défendit, lorsqu'elle fut attaquée en invoquant des observations inexactes ou tout au moins incomplètes, lorsque l'on voulut nier l'efficacité des substances azotées comme agents nitrifiants, en attribuant à la porosité seule la puissance de créer l'acide nitrique par la condensation des principes constituants de l'atmosphère.

La terre, à tous les degrés de fertilité, depuis le terreau jusqu'à la terre de bruyère, exposée à l'air après avoir été humectée, se nitrifie si elle renferme un élément calcaire ou alcalin; des expériences précises l'ont établi. Néanmoins, de ce que tout sol cultivable contient de l'azote combiné, il ne s'ensuit pas nécessairement que l'azote gazeux de l'atmosphère ne puisse concourir, dans une certaine mesure, à la production des nitrates, et c'est pour rechercher si ce concours a lieu que j'ai entrepris les expériences que je vais décrire.

Dans la terre végétale, le salpêtre apparaît d'abord en quantités assez notables; puis bientôt la nitrification se ralentit, comme s'il fallait que l'exposition à l'air soit prolongée pour que les composés humiques deviennent aptes à se nitrifier. On en jugera par une observation, faite avec de la terre d'un potager, prise après une pluie persistante, afin qu'elle ne renfermât que fort peu de nitrates.

Cette terre séchée pesait 10 kilogrammes. Après l'avoir humectée, on en façonna un prisme que l'on plaça à l'air. Tous les quinze jours on fit un dosage.

	Dans 10 kilogrammes de terre; nitrates exprimés en nitrate de potasse.
	gr
5 août, mise en expérience..........	0,096
17 août..........................	0,628
2 septembre......................	1,800
17 septembre....................	2,160
2 octobre........................	2,060

A partir du 2 octobre, la formation des nitrates est devenue très-lente, mais elle ne s'est pas arrêtée.

Pour décider si l'azote atmosphérique était intervenu dans l'apparition des nitrates, il aurait fallu connaître rigoureusement combien il entrait d'azote combiné dans les 10 kilogrammes de terre au commencement et à la fin de l'observation; or, pour qui est familier avec les procédés de l'analyse, cela n'était pas possible.

Des dosages faits nécessairement sur peu de matière, sur 20 grammes par exemple, soit sur 60 ou 80 grammes en exécutant trois ou quatre opérations successives, n'auraient pas donné une garantie suffisante d'exactitude, puisque, en concluant de l'azote dosé l'azote appartenant aux 10 kilogrammes de terre végétale, l'erreur d'analyse serait multipliée par 167, par 125. Il y a plus, en supposant que l'on parvînt à éliminer cette source d'erreurs, et que l'on constatât une légère acquisition d'azote par la terre salpêtrée, on ne serait pas encore suffisamment autorisé à admettre définitivement l'intervention de l'azote de l'air, par cette raison que l'azote trouvé en excès pourrait provenir des composés nitrés de l'ammoniaque, des poussières apportées par l'atmosphère, composés qui con-

tribuent probablement à l'amélioration d'un sol laissé en jachère.

Pour résoudre la question que l'on avait en vue, il fallait éliminer, ou tout au moins atténuer les deux causes d'erreurs que je viens de signaler, opérer sur une quantité de terre assez limitée, dont le poids ne différerait pas considérablement de celui de la même terre que l'on soumettrait à l'analyse ; enfermer la terre à nitrifier dans de l'air confiné, à l'abri, par conséquent, des matières dont l'atmosphère libre est ordinairement le véhicule.

Dispositif des expériences.

La terre végétale, pesée sèche, mélangée avec trois fois son poids de sable quartzeux lavé et calciné, humectée avec de l'eau distillée exempte d'ammoniaque, était introduite dans un ballon de verre ayant à peu près une capacité de 100 litres. L'eau avait été ajoutée en quantité bien inférieure à celle qu'il aurait fallu pour porter le mélange au maximum d'imbibition, précaution indispensable, parce que, non-seulement un sol trop humide n'est pas nitrifiable, mais aussi parce que les nitrates préexistants disparaissent quand l'eau d'humectation dépasse une certaine limite, ainsi que je l'ai reconnu dans des recherches sur le chaulage (1).

Le sable avait été employé pour rendre la terre plus perméable.

Dans un des appareils, de la cellulose fut incorporée au mélange pour savoir si, par la combustion lente d'une plus forte proportion de carbone que celle appartenant à la terre, on favoriserait l'oxydation de l'azote.

Les ballons renfermant les mélanges à nitrifier, clos avec des bouchons en caoutchouc, ont été déposés dans un cellier.

---

(1) Boussingault, *Agronomie*, t. III, p. 174-176 ; 2e édition.

L'*azote*, avant et après la nitrification, a été dosé par la combustion au moyen de l'oxyde de cuivre; la présence de nitrates dans la terre ne permettait pas de le doser par la chaux sodée : ce procédé eût donné les résultats les plus erronés. Toutes les fois qu'une terre contient de l'acide nitrique, la perte en azote occasionnée par l'emploi de la chaux sodée est très-forte : elle dépasse souvent la moitié du poids de l'azote contenu, de sorte que l'analyse indiquerait moins d'azote dans la terre nitrifiée que dans la même terre prise avant la nitrification, bien que, en réalité, les deux échantillons en continssent des quantités égales.

Le *carbone* des substances organiques, de l'humus, a été pesé à l'état d'acide carbonique obtenu en chauffant la terre au rouge dans un courant de gaz oxygène.

L'*acide nitrique* a été déterminé en faisant usage d'une teinture normale d'indigo [1].

La nitrification s'accomplit toujours avec une extrême lenteur. Dans l'observation rapportée précédemment, en six semaines, il y a eu $0^{gr},2$ de nitrates formés dans 1 kilogramme de terre végétale; mais ce n'était pas là tout ce que cette terre pouvait produire : une année après, de la même terre, recueillie dans un endroit abrité contre la pluie, on retira 2 à 3 grammes de salpêtre par kilogramme.

Dans les nitrières, la nitrification ne marche pas plus rapidement, bien que des dispositions soient prises pour la favoriser, entre autres celle de remuer la masse à la pelle tous les cinq ou six mois avant le lessivage des terres.

Les expériences, telles qu'elles étaient instituées, ne permettaient pas d'agiter à certains intervalles les mélanges enfermés dans les ballons; pour suppléer à l'agitation, on se décida à laisser la terre à nitrifier en contact avec l'air confiné pendant un temps considérable. Le contact dura

---

[1] BOUSSINGAULT, *Agronomie*, t. II, p. 244; 2e édition.

onze ans. Les appareils, fermés en 1860, furent ouverts en 1871.

La terre végétale employée dans les expériences avait été séchée à l'air et passée au crible : sa couleur, d'un brun clair, devenait brun foncé par l'addition de l'eau. C'était une terre légère, riche en humus, d'une constitution homogène.

Dosage de l'azote dans la terre sèche.

I. Terre.	5 gr	Azote à zéro.	Pression.	0,76 m	19,0 cc	En poids.	0,02388 gr [1]
II. » .	5	»	»		18,57	» .	0,02334 [2]
	10						0,04722

Rapportant à 100 grammes de terre :

Azote...........	0,4722 gr
Acide nitrique......	0,0029 = Azote, $0^{gr},00075$ [3]
Carbone de l'humus.	3,663 [4]

Dans la même terre, on avait trouvé pour 100 grammes :

Chaux...........................	1,000 gr
Magnésie.........................	0,050
Potasse..........................	0,010
Ammoniaque toute formée..	0,020

---

[1] Gaz, $20^{cc},0$; températ., $9^{\circ},5$; températ. de l'eau, $10^{\circ},5$; pression, [illegible]$^{mm},1$; traces de bioxyde d'azote.

	Gaz.	Température.	Température de l'eau.	Pression.	Gaz réduit.
[2]	$19^{cc},5$	$8^{\circ},0$	$8^{\circ},0$	$754^{mm},6$	$18^{cc},81$
Après traitement par le sulfate de fer :					
	$18^{cc},9$	$5^{\circ},5$	$5^{\circ},5$	$751^{mm},8$	$18^{cc},33$
				AzO^2 disparu.	$0^{cc},48$

$$\frac{0^{cc},48}{2} = 0^{cc},24 + 18^{cc},33 = 18^{cc},57.$$

[3] Dosage par la teinture d'indigo.

[4] $2^{gr},04$ de terre brûlée dans un courant de gaz oxygène, acide carbonique obtenu $0^{gr},274 =$ carbone $0^{gr},07473$.

On a, pour 100 grammes de terre mise à nitrifier :

Azote total (1)	0gr,4722
Acide nitrique	0,0029
Ammoniaque	0,0200
Carbone	3,6630
Chaux	1,0000
Magnésie	0,0500
Potasse (2)	0,0100

Première expérience. — Dans un ballon de 100 litres de capacité, on a introduit, le 1er août 1860, un mélange de :

Terre végétale	100gr
Sable quartzeux	300
Humecté avec eau	56
	456

Au fond du ballon, la matière était disposée en un cône de 5 à 6 centimètres de hauteur. Au moment de la fermeture :

Température de l'air	25°
Hauteur barométrique	0m,74

L'appareil a été ouvert le 3 août 1871. Le mélange possédait à un faible degré l'odeur particulière à la terre humide ; sa couleur était d'un brun foncé ; sa consistance assez forte pour que l'on fût obligé d'employer une baguette pour le désagréger. Sur les parois du vase, vers le haut, on

(1) Comprenant l'azote de l'acide nitrique et de l'ammoniaque.
(2) A l'état de silicate ou de carbonate. La terre contenait une notable proportion d'acide phosphorique ; on n'a fait figurer ici que les substances pouvant intervenir dans la nitrification.

apercevait des gouttelettes d'eau qu'il n'a pas été possible de recueillir.

Le mélange retiré du ballon a pesé.........	440gr
Lors de l'introduction, en 1860, il pesait....	456
Différence.......	16

Cette différence doit être, en partie, attribuée à l'eau adhérente au verre.

Dosages exécutés sur le mélange.

Azote :

			Pression.		En poids.
	gr		m	cc	gr
I. Mélange humide.	20	Gaz à zéro.	0,76	16,9	0,02124 (1)
II. » .	20	»	»	15,8	0,01986 (2)
	40				0,04110

Dans 100 grammes du mélange, dosé :

	gr
Azote.	0,10275
Acide nitrique..................	0,14040
Carbone de l'humus, etc..........	0,69700 (3)

	Gaz.	Température.	Température de l'eau.	Pression.	Gaz réduit.
(1)	19cc,0	7°,5	6°,0	743mm,55	18cc,09
Après traitement par le sulfate de fer :					
	16cc,8	10°,0	10°,0	742mm,14	15cc,82
				AzO² disparu.	2cc,27

$$\frac{2^{cc},27}{2} = 1^{cc},13 + 15^{cc},82 = 16^{cc},9.$$

	Gaz.	Température.	Température de l'eau.	Pression.	Gaz réduit.
(2)	20cc,2	6°,0	8°,0	752mm,8	19cc,59
Après traitement par le sulfate de fer :					
	12cc,55	6°,7	7°,0	744mm,9	12cc,01
				AzO² disparu.	7cc,58

$$\frac{7^{cc},58}{2} = 3^{cc},79 + 12^{cc},01 + 15^{cc},75.$$

(3) 10 grammes de terre brûlée dans un courant de gaz oxygène; acide carbonique 0gr,2555 = carbone 0gr,0697.

Résumé des dosages.

Dans 100 grammes du mélange de terre et de sable pesant 440 grammes :

I. Azote..	0gr,10620	Acide nitrique..	0gr,14040
II.	0,09930	Carbone.......	0,69700
Moyenne..	0,10275		

Deuxième expérience. — Le 1er août 1860; capacité du ballon, 100 litres ([1]), introduit :

Terre végétale......................	100gr
Sable quartzeux....................	300
Cellulose...........................	5
Humecté avec eau..................	56
	461

Ballon fermé à la température de.....	25°
Hauteur barométrique............	0m,74

L'appareil a été ouvert le 5 août 1871.

L'odeur constatée, l'aspect et la consistance du mélange étaient les mêmes que dans la première expérience.

De nombreuses gouttelettes d'eau se trouvaient sur la partie supérieure des parois du ballon.

Le mélange extrait a pesé.................	435gr
Lors de l'introduction, en 1860, il pesait....	461
Différence.......	26

Cette différence doit être attribuée, en partie, aux gouttelettes d'eau que l'on n'a pu enlever.

([1]) Dans le jaugeage on n'a pas tenu compte des fractions de litre, le ballon employé dans cette expérience ne contenant pas tout à fait 100 litres.

Dosages exécutés sur le mélange :

			Pression.		En poids.
	gr		m	cc	gr
I. Mélange humide.	20	Gaz à zéro.	0,76	16,51	0,02075 (1)
II. » .	10	»	»	8,95	0,01125 (2)
	30				0,03200

Dans 100 grammes du mélange dosé :

	gr
Azote.	0,10667
Acide nitrique.	0,12920
Carbone de l'humus, etc.........	0,77200 (3)

Discussion des erreurs possibles dans le dosage de l'azote.

Dans des opérations faites sans qu'on ait introduit de matière dans les tubes à combustion, l'expulsion de l'air était si complète que le balayage prolongé avec l'acide car-

---

	Gaz.	Température.	Température de l'eau.	Pression.	Gaz réduit.
(1)	18cc,5	10°,0	10°,0	743mm,4	17cc,46
Après traitement par le sulfate de fer :					
	16cc,5	10°,0	10°,0	743mm,8	15cc,57
				AzO² disparu.	1cc,89

$$\frac{1^{cc},89}{2} = 0^{cc},945 + 15^{cc},57 = 16^{cc},51.$$

	Gaz.	Température.	Température de l'eau.	Pression.	Gaz réduit.
(2)	10cc,0	11°,0	11°,0	750mm,8	9cc,50
Après traitement par le sulfate de fer :					
	8cc,7	7°,5	8°,0	754mm,1	8cc,40
				AzO² disparu.	1cc,10

$$\frac{1^{cc},1}{2} = 0^{cc},55 + 8^{cc},40 = 8^{cc},95.$$

(3) 10 grammes de terre, brûlés dans un courant de gaz oxygène; acide carbonique 0gr,283 = carbone 0gr,0772.

bonique dégagé du bicarbonate de potasse pur n'a pas fourni plus de $\frac{2}{10}$ à $\frac{1}{10}$ de centimètre cube de gaz non absorbable par la potasse.

En comparant l'azote obtenu par deux dosages exécutés sur une même quantité de matière, on a constaté les différences que voici :

	gr
Terre végétale non mélangée................	0,00054
Terre mélangée au sable, première expérience. .	0,00138
Terre mélangée au sable, deuxième expérience..	0,00130

	gr		gr		gr
Terre végétale analysée........	10	erreur possible sur	100	de terre...	0,0[illegible]
1re *expérience*, terre analysée..	40	»	440	» ...	0,01[illegible]
2e *expérience*, terre analysée...	30	»	435	» ...	0,0[illegible]

Les différences trouvées dans les dosages de la terre mêlée au sable sont notablement plus fortes que pour la terre végétale seule ; cela tient très-probablement à ce que les mélanges, si intimes qu'ils soient, ne sont pas aussi homogènes.

Il m'a semblé qu'il convenait de comparer le poids de l'azote contenu dans la terre végétale avant et après la nitrification, sur les quantités réelles de matière soumise au dosage, afin de ne pas multiplier l'erreur des analyses. J'ai réuni cette comparaison dans un tableau.

Première expérience.

Terre retirée du ballon, en 1871. 440gr
Terre végétale sèche contenue.... 100 Azote 0gr,4722

Dosage I.	Matière.....	20gr	Azote dosé..	0gr,02124
	Tenant terre.	4,5454	Azote initial.	0,02146
			Différence.. —	0,00022
Dosage II.	Matière.....	20gr	Azote dosé. .	0gr,01986
	Tenant terre.	4,5454	Azote initial.	0,02146
			Différence.. —	0,00160

Deuxième expérience.

Terre retirée du ballon en 1871 : 435 grammes.

Dosage I.	Matière....	20 gr	Azote dosé..	0,02075 gr
	Tenant terre.	4,5980	Azote initial.	0,02171
			Différence..	— 0,00096
Dosage II.	Matière.....	10 gr	Azote dosé..	0,01125 gr
	Tenant terre.	2,299	Azote initial.	0,01086
			Différence..	+ 0,00039

Sur quatre dosages, trois accuseraient, en moyenne, une perte d'azote de.........	0,00093 gr
L'autre indiquerait un gain de............	0,00039

Si l'on considérait comme fournis par une seule expérience les quatre résultats précédents, on aurait pour les 70 grammes de terre mélangée :

Avant la nitrification, azote........	0,0755 gr
Après la nitrification, azote.........	0,0731
Différence.......	0,0024

Examinons maintenant, en appliquant les moyennes, les changements survenus, non-seulement dans les proportions d'azote, mais aussi dans les proportions d'acide nitrique, de carbone, que la terre contenait lorsqu'elle a été placée, en 1860, dans une atmosphère confinée.

Rappelons d'abord ce que l'on a dosé dans 100 grammes de matière :

	Azote.	Acide nitrique.	Carbone.
Terre végétale non mélangée...	0,47220 gr	0,0029 gr	3,663 gr
1re *expérience :* terre mélangée..	0,10275	0,1404	0,697
2e *expérience :* terre mélangée..	0,10667	0,1292	0,772

Première expérience (terre végétale, 100 gr., sable, 300 gr.).

	Azote total.	Acide nitrique.	Azote dans l'acide nitrique.	Carbone.	[illegible]
	gr	gr	gr	gr	gr
En 1860	0,4722	0,0029	0,00075	3,663	[illegible]
En 1871, terre humide 440 gr.	0,4520	0,6178	0,16000	3,067	[illegible]
Différence	—0,0202	+0,6149	+0,15925	—0,596	[illegible]

Deuxième expérience (terre végétale 100 gr., sable 300 gr., cellulose $5^{gr} = C\ 0^{gr},2.222$).

	Azote total.	Acide nitrique.	Azote dans l'acide nitrique.	Carbone.	[illegible]
	gr	gr	gr	gr	gr
En 1860	0,4722	0,0029	0,00075	5,885	[illegible]
En 1871, terre humide, 435 gr.	0,4640	0,5620	0,14570	3,358	[illegible]
Différence	—0,0082	+0,5591	+0,14495	—2,527	[illegible]

Discussion.

Dans chacune de ces expériences, le 1er août 1860, l'air enfermé dans les ballons, ramené à la température de zéro et à la pression de $0^{m},76$, occupait un volume de $85^{lit},9$ (¹), pesant $111^{gr},13$, dans lesquels il entrait, en négligeant l'acide carbonique,

	gr
Oxygène	25,67
Azote	85,46

Première expérience. — La perte totale en azote a été de $0^{gr},020$, les $\frac{4}{100}$ de l'azote initial.

(¹) En tenant compte du volume de la terre.

Il y a eu production de $0^{gr},615$ d'acide nitrique, dans lesquels il entrait :

Azote	$0^{gr},159$
Azote éliminé	0,020
Azote déplacé	0,179
L'azote initial étant	0,472
Azote resté dans la terre nitrifiée	0,293

Cet azote resté dans le sol appartenait à l'humus et autres matières organiques.

La perte en carbone s'est élevée à $0^{gr},596$, les $\frac{16}{100}$ de ce que la terre en contenait avant la nitrification.

A 100 de carbone brûlé par combustion lente répond une formation d'acide nitrique de 103,2.

Deuxième expérience. — L'introduction de 5 grammes de cellulose avait porté à $5^{gr},885$ le carbone du mélange de terre et de sable mis à nitrifier [1].

La perte totale en azote a été de $0^{gr},008$, un peu moins de $\frac{2}{100}$ de l'azote initial.

Il y a eu production de $0^{gr},559$ d'acide nitrique renfermant :

Azote	$0^{gr},145$
Azote éliminé	0,008
Azote déplacé	0,153
L'azote initial étant	0,472
Azote resté dans la terre nitrifiée	0,319

La perte en carbone a atteint $2^{gr},527$, les $\frac{43}{100}$ du carbone préexistant.

A 100 de carbone brûlé par combustion lente répond une formation d'acide nitrique de 22.

---

(1) Admettant $2^{gr},222$ de carbone dans la cellulose,
3,663 de carbone apporté par 100 gr. de terre végétale.
5,885

Ainsi, contrairement à ma prévision, la combustion du carbone de la matière organique non azotée, de la cellulose ajoutée à la terre, n'aurait pas favorisé la production de l'acide nitrique.

Il reste à examiner si l'oxygène de l'air confiné dans les appareils a suffi pour brûler et le carbone disparu et l'azote constituant de l'acide nitrique.

Prenant la deuxième expérience dans laquelle la terre avait reçu de la cellulose, on trouve que :

	Oxygène. gr
Les $2^{gr},527$ de carbone manquants ont pu former acide carbonique $9^{gr},26$, tenant.............	6,74
Dans les 0,559 d'acide nitrique produit, il entrait..	0,41
Pouvant avoir contribué à la combustion........	7,15
Dans l'air confiné, il y avait..................	25,67
En 1871, dans l'atmosphère de l'appareil, il devait rester................................	18,52

Dans la première expérience, la terre n'ayant pas reçu de cellulose :

	Oxygène gr
Le carbone disparu, $0^{gr},596$, a pu produire acide carbonique 1,59, tenant....................	0,99
Dans les $0^{gr},615$ d'acide nitrique formé, il y avait.	0,43
Pouvant avoir contribué à la combustion........	1,42
Dans l'air introduit.........................	25,67
Restant..........	24,25

On voit que, dans les appareils, l'atmosphère confinée était bien loin d'être épuisée en oxygène après être restée en contact avec la terre végétale pendant un temps considérable.

Troisième expérience. — On s'est proposé de rechercher quel serait le résultat de la nitrification de la terre végétale accomplie dans une atmosphère très-limitée, dont l'oxygène ne suffirait pas pour brûler la totalité de la matière organique.

De la terre du Liebfrauenberg, employée dans les deux premières expériences, et non mélangée à du sable, a été mise dans un flacon de 7 litres de capacité après avoir été humectée.

En 1860, introduit terre..............	100gr
Ajouté eau........................	16
	116
En 1871, la terre retirée a pesé........	112,5
Différence.......	3,5

Cette terre humide était d'un brun foncé, émettant une faible odeur de moisi.

Dosages exécutés sur la terre végétale retirée en 1871.

Azote.

				Pression.		En poids.
		gr		m	cc	gr
I.	Terre humide.	3,4	Gaz à zéro.	0,76	11,6	0,01457 (1)
II.	» .	3,0	»	»	9,44	0,01186 (2)
III.	» .	4,0	»	»	12,33	0,01549 (3)
		10,4				0,04192

	Gaz.	Température.	Température de l'eau.	Pression.	Gaz réduit.
(1)	12cc,4	15°,0	15°,0	747mm,4	11cc,6
(2)	11cc,6	9°,0	10°,0	742mm,3	10cc,96
Après traitement par le sulfate de fer :					
	8cc,0	9°,1	10°,1	741mm,4	7cc,93
				AzO² disparu.	3cc,03

$$\frac{3^{cc},03}{2} = 1^{cc},51 + 7^{cc},93 = 9^{cc},44.$$

	Gaz.	Température.	Température de l'eau.	Pression.	Gaz réduit.
(3)	13cc,9	7°,8	7°,8	750mm,5	13cc,34
Après traitement par le sulfate de fer :					
	11cc,7	8°,1	8°,1	756mm,5	11cc,31
				AzO² disparu.	2cc,03

$$\frac{2^{cc},03}{2} = 1^{cc},015 + 11^{cc},31 = 12^{cc},33.$$

Dans 100 grammes de terre dosée :

Azote................	0,40308	
Acide nitrique.........	0,2904	= Azote, 0^{gr},0752
Carbone de l'humus, etc.	2,8210 (1)	

Comparant, sur les quantités réelles de matière soumise au dosage, l'azote contenu avant et après la nitrification, on a, l'azote initial de 100 grammes de terre sèche introduite dans le flacon étant 0^{gr},4722 :

I.	Terre humide.	3,4 gr = terre sèche.	3,022 gr	tenant azote.	0,01427 gr
				Azote dosé.	0,01457
				Différence.	+0,00030
II.	Terre humide.	3,0 gr = terre sèche.	2,667 gr	tenant azote.	0,01259 gr
				Azote dosé.	0,01186
				Différence.	—0,00073
III.	Terre humide.	4,0 gr = terre sèche.	3,555 gr	tenant azote.	0,01679 gr
				Azote dosé.	0,01549
				Différence.	—0,00130

Sur 3 dosages, 2 ont donné, en moyenne, une perte d'azote de.. 0,00101 gr
» l'autre a donné, un gain...................... 0,00030

En définitive 9^{gr},244 de terre végétale auraient donné :

Avant la nitrification, azote.........	0,04365 gr
Après la nitrification...............	0,04192
Différence........	— 0,00173

Appliquant la moyenne des dosages à la terre mise en expérience :

	Azote total.	Acide nitrique.	Azote dans l'acide nitrique.	Carbone.	Acide expri en nitrat pot
	gr	gr	gr	gr	gr
1860, 100 gr. terre sèche.....	0,4722	0,0029	0,00075	3,663	0.…
1871, terre humide, 112^{gr},5..	0,4534	0,3267	0,08461	3,174	0,6…
Différence............	—0,0188	+0,3238	+0,08386	—0,489	+0,6…

(1) 2^{gr},272 de terre brûlée; acide carbonique 0^{gr},235 = carbone 0^{gr},0641.

La perte en azote a été de $0^{gr},019$, près des $\frac{4}{100}$ de l'azote initial. Il y a eu formation d'acide nitrique, $0^{gr},324$, tenant :

Azote	$0^{gr},084$
Azote éliminé	0,019
Azote déplacé	0,103
L'azote initial étant	0,472
Azote resté dans les matières organiques.	0,369

La perte en carbone a atteint $0^{gr},489$, les $\frac{13}{100}$ de ce que la terre en renfermait avant la nitrification.

A 100 de carbone brûlé par combustion lente répond une production d'acide nitrique de 66.

Dans cette troisième expérience, le même poids de terre végétale a produit bien moins de salpêtre que dans la première et dans la deuxième, près de la moitié seulement. Une quatrième observation, faite aussi sur 100 grammes de terre, et exactement dans les mêmes conditions, a rendu $0^{gr},626$ de nitrate, exprimés en nitrate de potasse; cette coïncidence prouve que la diminution constatée ne provenait pas d'une circonstance accidentelle; dépendrait-elle de ce que la terre, n'ayant pas été mêlée à du sable, était moins accessible à l'air? Cela n'est pas impossible. Néanmoins je crois plus rationnel d'attribuer la différence à l'insuffisance de l'oxygène. Il est probable que la nitrification aura marché d'abord comme dans les appareils où la terre végétale était en relation avec un beaucoup plus grand volume d'air; puis elle se sera arrêtée quand la totalité de l'oxygène aura été consommée par les éléments combustibles. Le carbone manquant, $0^{gr},489$, a pu prendre $1^{gr},30$ d'oxygène pour constituer de l'acide carbonique; c'est à très-peu près ce que pouvait en contenir l'air du flacon où la terre végétale avait été placée.

Ici se présente une question : en 1871, la nitrification

était-elle achevée? La terre, mise dans les grands ballons, avait-elle rendu en salpêtre tout ce qu'elle pouvait rendre? S'il en a été ainsi, la production du nitre a pu cesser bien avant leur ouverture. La forte quantité de matière humique restée dans le mélange salpêtré ne saurait être invoquée contre cette opinion, puisqu'il est des sols riches en principes carbonés qui donnent peu ou point de nitrates, par exemple les terrains tourbeux; c'est que tous ces principes ne sont pas nitrifiables.

Je crois devoir mentionner une observation qui tendrait à faire croire que, dans l'intervalle compris entre le commencement et la fin des expériences, la terre avait perdu l'aptitude à la nitrification, à une époque qu'il serait d'ailleurs impossible de fixer. Ce qui restait du mélange terreux de la première expérience, après que l'on en eut prélevé les quantités nécessaires pour les dosages, fut renfermé dans un grand vase.

Le 14 juin 1872, dix mois après, on a trouvé :

	gr
Dans 15 grammes du mélange, acide nitrique...	0,018
En 1871, on en avait dosé, dans 15 grammes. .	0,021

Il n'y avait pas eu accroissement dans la proportion de nitrates.

Il est donc présumable que la nitrification avait été accomplie avant l'expiration des onze années pendant lesquelles la terre était restée confinée en vase clos.

La nitrification pourrait être arrêtée par insuffisance de bases salifiables. Il est évident qu'une terre végétale, alors même qu'elle serait pourvue d'humus nitrifiable, ne produirait pas de nitrates, du moins de nitrates alcalins et terreux, si la chaux, la magnésie, la potasse y manquaient, et que, dans le cas où ces bases ne s'y trouveraient qu'en proportion restreinte, la nitrification serait suspendue aussitôt après leur saturation. Tel n'était pas le cas pour la terre du

Liebfrauenberg; on a vu, en effet, que, dans les 100 grammes de terre placés dans les ballons, il y avait :

Chaux...	1,00 gr	pouvant fixer acide	1,93 gr	= nitrate	2,93 gr
Magnésie.	0,05	»	0,14	»	0,19
Potasse..	0,01	»	0,015	»	0,025
			2,085	= nitrate	3,145

Il se trouvait par conséquent dans la terre assez de bases pour saturer 2 grammes d'acide nitrique, trois ou quatre fois autant qu'il s'en est développé.

La proportion du salpêtre formé durant un aussi long séjour de la terre végétale dans une atmosphère confinée pourra paraître assez faible, 1gr,15 de nitrate dans 100 grammes de terre, soit 11gr,5 par kilogramme. C'est, après tout, autant et même plus que ce que contiennent les bonnes terres salpêtrées.

Suivant un rapport des anciens régisseurs des poudres, en France, les terres salpêtrées rendraient par kilogramme :

Dans quelques provinces..........	1,2	de nitre.
En Touraine....................	8,5	»
Terres de nitrières artificielles.......	10,0	»
Id. exceptionnellement	30,0	»
Terre d'une bergerie.............	8,4	»

Il résulte de ces recherches que, dans la nitrification de la terre végétale accomplie dans une atmosphère confinée que l'on ne renouvelle pas, dans de l'air stagnant, l'azote gazeux ne paraît pas contribuer à la formation de l'acide nitrique; l'azote dosé, en 1871, dans la terre salpêtrée, ne pesait pas plus, ne pesait même pas tout à fait autant qu'en 1860. Dans la condition où on l'a observée, la nitrification aurait eu lieu aux dépens des substances organiques de l'humus, que l'on rencontre dans tous les sols fertiles.

EXPÉRIENCES STATIQUES

SUR

LA DIGESTION.

Dans le cours de mes recherches sur le développement de la graisse dans les animaux, j'eus occasion de constater que du riz retiré du gésier d'un canard cédait à l'éther notablement plus de matière grasse qu'il n'en renfermait avant d'avoir séjourné dans cet estomac. Cette observation était, au reste, assez peu importante, parce que cet accroissement dans la proportion des principes gras pouvait dépendre de ce que l'amidon avait été absorbé plus rapidement que l'huile, qui se serait en quelque sorte concentrée dans la partie de l'aliment non encore digéré. Cependant, ayant reconnu, depuis, que le chyme sec de l'intestin grêle du même animal contenait près de 5 pour 100 de graisse, bien que le riz digéré n'en présentât que quelques millièmes, je crus devoir examiner ces faits avec attention : car non-seulement ils indiquaient que les divers principes immédiats sont absorbés par les organes digestifs avec des vitesses fort différentes, mais, de plus, ils étaient de nature à faire supposer que, dans certaines circonstances, la graisse répartie dans les produits de la digestion pouvait bien excéder celle contenue dans la nourriture ; et, dans ce cas, il y avait à rechercher si la matière grasse dérivait de la fécule ou de l'albumine entrant, l'une et l'autre, dans la composition du riz.

Dans les expériences dont je vais présenter les résultats, j'ai eu particulièrement en vue de comparer le poids de la matière alimentaire ingérée au poids de la matière digérée ou en voie de digestion, afin d'en conclure, par différence,

celui de la matière assimilée dans l'organisme, ou éliminée par les voies respiratoires. Les conséquences auxquelles je suis arrivé me semblent devoir jeter quelque lumière sur plusieurs points, encore fort obscurs, de la nutrition.

Les observations ont été faites sur des canards. Dans les recherches de ce genre, il y a beaucoup d'avantages à pouvoir ingérer les aliments, afin de ne rien laisser à la volonté de l'animal, chez lequel la répugnance à prendre telle ou telle nourriture n'est pas toujours surmontée par le sentiment de la faim.

La méthode généralement suivie consistait à mettre les canards à la diète pendant trente-six heures, en leur laissant de l'eau à discrétion; alors on les gavait, puis on les plaçait dans une boîte disposée de telle sorte, qu'il devenait facile de recueillir les déjections. Après un certain nombre d'heures, indiqué dans la description de chaque expérience, on tuait l'animal, et l'on retirait des divers organes les matières qui s'y rencontraient. On pesait ces matières avant et après leur dessiccation, et elles étaient ensuite traitées par l'éther; on reprenait par l'eau chaude le résidu laissé par la dissolution éthérée, afin d'enlever les substances solubles: c'est alors seulement qu'on pesait la matière grasse, après l'avoir parfaitement desséchée. Les déjections, toujours très-aqueuses, ont été dosées à l'état sec; lavées et séchées de nouveau, on les traitait par l'éther; quelquefois on a extrait l'acide urique du résidu insoluble dans l'eau.

Pour le but que je m'étais proposé d'atteindre, il devenait indispensable de connaître, afin d'en tenir compte, la matière renfermée dans les intestins au commencement de chaque expérience, alors que l'animal avait passé un jour et demi sans manger. J'ai dû aussi déterminer le poids des déjections émises pendant l'inanition, et doser la graisse contenue dans ces matières. Ces recherches préliminaires ont permis de constater ce fait curieux, qu'un oiseau, en ne prenant que de l'eau, a néanmoins dans ses intestins une

quantité de substance sèche qui ne diffère pas considérablement de celle que l'on trouve lorsque l'animal est abondamment nourri.

PREMIÈRE EXPÉRIENCE.

Canard tué après trente-six heures d'inanition.

On a trouvé : dans le ventricule succenturié, une très-petite quantité d'une substance jaune, gluante, acide; dans le gésier, quelques grains de sable. L'intestin grêle se trouvait rempli d'une matière tirant au brun, très-homogène, sensiblement acide et ayant la consistance du miel. Le gros intestin et le cloaque étaient vides à peu près. Les cœcums contenaient une matière peu fluide, d'un vert foncé et d'une odeur fétide. Les déjections rendues dans les dernières vingt-quatre heures ont pesé, sèches, $2^{gr},74$. On a retiré:

	Humide.	Sec.	Graisse.
	gr	gr	gr
Du ventricule, du gésier et des intestins.	10,82	2,29	0,105
Dejections en vingt-quatre heures.....	»	2,74	0,055
Graisse normale................			0,160

DEUXIÈME EXPÉRIENCE.

Canard tué après trente-six heures d'inanition.

On a retiré :

	Humide.	Sec.	Graisse.
	gr	gr	gr
Du ventricule et du gésier..........	1,40	0,30	0,145
Des intestins.....................	9,10	2,20	
Des cœcums (matière verte alcaline)...	1,29	0,21	traces.
Déjections en vingt-quatre heures....	»	2,71	
Partie insoluble des déjections $1^{gr},19$	»	»	0,031
Partie soluble des déjections $1^{gr},52$	»	»	»
Graisse normale.................			0,176

De la partie insoluble des déjections, on a extrait $0^{gr},27$ d'acide urique.

TROISIÈME EXPÉRIENCE.

Canard tué après trente-six heures d'inanition.

On a retiré :

	Humide.	Sec.	Graisse.
	gr	gr	gr
Du ventricule, gésier, intestins....	10,00	2,10	0,12
Dejections en vingt-quatre heures..	»	2,80	0,05
Graisse normale.................			0,17

QUATRIÈME EXPÉRIENCE.

Canard gavé avec de l'argile.

J'ai recherché, dans cette expérience, si l'ingestion d'une substance non digestive provoquerait une sécrétion intestinale plus chargée de graisse que ne l'a été celle obtenue précédemment.

Un canard, privé de nourriture depuis trente-six heures, a été gavé à deux reprises avec des boulettes d'argile humide. Cinq heures après la première ingestion, l'argile a commencé à être évacuée sous la forme de longs cylindres, accompagnés d'un liquide jaune, acide et très-abondant. On a tué le canard vingt-quatre heures après le commencement de l'expérience. On a retiré :

	Humide.	Sec.	Graisse.
	gr	gr	gr
Du ventricule et du gésier..........	»	»	»
Matières des intestins et des cœcums..	11,45	2,85	0,125
Déjections......................	»	18,40	0,055
Graisse normale..................			0,180

La graisse obtenue dans cette circonstance ne diffère pas, en quantité, de celle extraite dans les trois premières expériences.

En moyenne, la graisse retirée de l'appareil digestif d'un

canard, après trente-six heures d'inanition, est représentée par. 0gr,17

La matière sèche intestinale, par. 2gr,36

Les déjections desséchées, rendues en vingt-quatre heures, par. 2gr,75

L'acide urique de ces déjections (une détermination) par. 0gr,27

Dans ce qui va suivre, j'admettrai comme constants les nombres exprimant la quantité de graisse et celle de la matière intestinale. Le poids des déjections normales sera corrigé d'après la durée des expériences.

CINQUIÈME EXPÉRIENCE.

Canard gavé avec du riz.

A 7h 30m du matin, on a gavé un canard avec 71 grammes de riz cru qu'on avait fait tremper pendant quelque temps. Le soir, à la même heure, on a encore donné 80 grammes de riz. Le lendemain, à 7h 30m, on a tué l'animal. Dans l'œsophage on a retrouvé du riz parfaitement intact, desséché; il a pesé 21 grammes. Le riz, à l'état où il a été ingéré, renfermait 0,864 de substances sèches et 0,004 de matière huileuse. La totalité du riz sec soumis à la digestion, déduction faite de celui retrouvé dans l'œsophage, a été, par conséquent, de 112gr,32. Dans le ventricule succenturié, l'aliment était encore reconnaissable : chaque grain se trouvait enveloppé d'un liquide visqueux, jaune et à réaction acide; dans le gésier, il y avait une pâte de même couleur, homogène, un peu sèche et légèrement acide. L'intestin grêle était rempli d'une pulpe jaune assez fluide pour couler avec facilité; cette pulpe rougissait le papier de tournesol; elle devenait de moins en moins liquide à mesure qu'elle s'éloignait du point où l'intestin est uni au gésier; le gros intestin ne contenait qu'une petite

quantité d'une matière épaisse d'un jaune foncé, presque brune; les cœcums étaient pleins d'une substance verte, épaisse et fétide. Les déjections, très-liquides, légèrement acides, tenaient en dispension de la matière verte des cœcums : c'est à peine si l'on y distinguait de l'acide urique. Des divers organes qui viennent d'être mentionnés, on a retiré :

	Humide.	Sec.	Graisse.
	gr	gr	gr
Du ventricule succenturié	3,78	1,70	0,045
Du gésier	8,00	4,42	
De l'intestin grêle.............	14,25	3,35	0,155
Du gros intestin..............	0,37	0,15	
Déjections....................	»	4,94	0,140
		14,56	
Graisse totale, d'un jaune pâle, très-fusible.....			0,340
Graisse normale à déduire..................			0,17
Différence.......			+ 0,17
Le riz digéré renfermait : graisse...			0,52
Différence.......			— 0,35

Ainsi il y a eu $0^{gr},35$ de la graisse appartenant à l'aliment qui ont été appropriés par le canard en vingt-quatre heures; soit un peu plus de 1 centigramme par heure.

Assimilation ou combustion respiratoire de l'aliment.

	gr
Retiré ou sorti de l'appareil digestif................	14,56
Matières intestinales et déjections normales..........	5,12
Matières retrouvées dans les intestins et les déjections.	9,44
Riz sec digéré....................................	112,32
Assimilé ou brûlé en vingt-quatre heures...........	102,88
Par heure........	4,29

La composition du riz, privé d'humidité, peut être représentée par :

	gr
Amidon ou substances analogues.....	89,20
Albumine........................	8,68
Matière grasse....................	0,46
Ligneux et cellulose................	1,10
Substances minérales............ ..	0,56
	100,00

Dans les 4gr,29 d'aliments assimilés par heure, il entre 2gr,82 d'amidon et 0gr,37 d'albumine, matières qui, réunies, renferment à très-peu près 2 grammes de carbone. Examinons maintenant si ces 2 grammes de carbone suffisent pour satisfaire aux besoins de la respiration.

Un canard, pesant 1kg,30, brûle par jour, en respirant, 22 grammes de carbone (1). Les canards, sujets des expériences actuelles, pesaient, en moyenne, 1kg,09; on peut donc supposer qu'ils brûlaient, par jour, 18 grammes de carbone; soit, par heure, 0gr,75. Or, comme dans l'aliment assimilé dans le même espace de temps il entrait 2 grammes de ce combustible, on voit que la ration de riz satisfaisait amplement aux exigences de la respiration, et qu'on peut la considérer comme très-convenable. C'est, d'ailleurs, ce que l'expérience confirme; car, dans une autre occasion, j'ai nourri parfaitement des canards, qui pesaient 1kg,33, avec une ration de riz moins forte. J'ai répété l'expérience dont je viens de donner les résultats, en la faisant durer moins de temps.

SIXIÈME EXPÉRIENCE.

Canard gavé avec du riz.

A 7h30m du matin, on a commencé à gaver avec du riz trempé; à 4 heures de l'après-midi, on a donné le reste de

(1) REGNAULT et REISET, *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. XXVI.

l'aliment : le canard a été tué à 10 heures du soir. Il y avait eu 100 grammes de riz d'ingérés ; mais, comme on en a retrouvé 12gr,55 dans l'œsophage, le riz digéré se réduit à 87gr,55, représentant 75gr,56 de substance sèche.

On a retiré :

	Humide.	Sec.	Graisse.
	gr	gr	gr
Du ventricule et du gésier.........	13,83	9,76	0,065
Des intestins.....................	23,63	5,41	0,280
Des cœcums (matière verte alcaline)..	»	0,27	
Déjections......................	»	2,00	0,085
		17,44	

Graisse totale.............	0,43
Graisse normale...........	0,17
Différence..... +	0,26
Dans les 87gr,45 de riz ingéré, graisse.....	0,35
Différence..... —	0,09

Assimilation ou combustion de l'aliment.

	gr
Retiré ou sorti de l'appareil digestif................	17,44
Matières intestinales et déjections normales..........	4,08
Matières retrouvées dans les intestins et les déjections..	13,36
Riz sec digéré....................................	75,56
Assimilé ou brûlé en quinze heures................	62,20
Par heure.............	4,15

Ces deux résultats sont dans le même sens ; il y a eu, à fort peu de chose près, la même quantité de matières introduites dans l'organisme ; seulement la graisse qui manque, dans la sixième expérience, pour compléter celle que l'aliment a introduit, est moindre. Il est cependant à présumer que l'absorption de la matière grasse est plus prononcée que ne l'indique l'observation ; il ne suffit pas, en effet, de retrouver un peu moins de graisse que n'en contenaient les aliments digérés pour conclure contre sa formation pendant

la digestion. Une égalité parfaite me semblerait même une présomption en faveur de la production de la matière grasse, car il est peu naturel de supposer qu'aucune partie de cette matière n'est absorbée, durant le trajet, à travers le tube intestinal. Pour apprécier la quantité de graisse enlevée à la nourriture pendant son passage dans l'appareil digestif, j'ai donné des aliments dans lesquels il entrait une notable proportion de matières grasses.

SEPTIÈME EXPÉRIENCE.

Canard gavé avec du fromage.

Le fromage avait été obtenu en faisant cailler du lait écrémé; fortement exprimé, il contenait 0,358 de substances sèches, y compris 0,074 de beurre. Au nombre de ces substances se trouvait nécessairement du sucre de lait, puisqu'on avait mis à la presse sans lavage préalable.

Depuis $9^h 30^m$ du matin jusqu'à 4 heures de l'après-midi, on a donné à un canard 120 grammes de fromage pressé, équivalant à $42^{gr},96$ de fromage sec. L'animal a été tué à 9 heures du soir; on a retiré de son œsophage des morceaux de fromage qui, après une complète dessiccation, ont pesé $4^{gr},93$ Le ventricule renfermait une pulpe assez grossière; le gésier une pâte liquide, acide. A l'origine de l'intestin grêle, la matière avait la même fluidité, la même acidité, le même aspect que celle trouvée dans le gésier; plus avant, le chyme prenait une teinte verte, tout en conservant sa liquidité et son acidité. Dans le gros intestin, on rencontrait une pâte épaisse verte, à peine acide, et fétide. Durant la dessiccation de la matière extraite des intestins, surtout vers la fin, il s'est développé une odeur de viande rôtie extrêmement intense. J'ai toujours observé cette odeur, même en desséchant la matière provenant des intestins des canards inanitiés. Les déjections étaient très-liquides et chargées d'acide urique. On a retiré :

	Humide.	Sec.	Graisse.
	gr	gr	gr
Du ventricule et du gésier	10,73	4,68	0,58
Des intestins	15,25	3,25	0,82
Déjections	»	5,00	0,14
		12,93	
Graisse totale			1,54
Graisse normale			0,17
Différence		+	1,37
Dans les 28gr,03 de fromage sec ingéré : graisse			7,87
Graisse de l'aliment absorbée en onze heures et demie			6,50
Par heure			0,57

Assimilation ou combustion de l'aliment.

	gr
Retiré ou sorti de l'appareil digestif	12,93
Matières intestinales et déjections normales	3,67
Matières retrouvées dans les intestins et les déjections	9,26
Fromage sec digéré	38,03
Assimilé ou brûlé en onze heures et demie	28,77
Par heure	2,50

Les 2gr,50 de matière alimentaire assimilés peuvent se décomposer, d'après ce qui vient d'être constaté, en 0gr,57 de graisse contenant 0gr,46 de carbone, et en 1gr,03 de caséum en renfermant 1gr,04. C'est donc, par heure, 1gr,5 de carbone qui intervient dans la nutrition. Ce nombre est même un minimum, car l'acide urique excrété contient, à poids égal, moins de carbone que n'en renferme le caséum qui a participé à sa production. Au reste, 1gr,5 de carbone est déjà plus que suffisant pour entretenir la combustion respiratoire. J'ajouterai encore que la graisse assimilée ne porte pas seulement du carbone dans l'organisme : elle y introduit, en outre, de l'hydrogène, contribuant à la pro-

duction de la chaleur animale. Aussi le fromage est-il reconnu pour très-nutritif, et l'on sait tout le parti qu'on en tire dans la pratique pour provoquer chez les jeunes animaux un développement rapide de chair et de graisse.

Nous venons de reconnaître qu'il y a eu, par heure, absorption de $0^{gr},57$ de graisse, lorsque cette matière était unie, pour quelques centièmes, à un corps aussi azoté et aussi apte à la nutrition que l'est le caséum. Il devenait intéressant de rechercher la limite de cette absorption en donnant comme aliment une substance essentiellement formée de graisse.

HUITIÈME EXPÉRIENCE.

Canard gavé avec du lard.

Le lard fumé qui a servi dans cette expérience contenait, séparé de la couenne :

Graisse	$96^{gr},3$
Tissu cellulaire	1,0
Sel marin	1,0
Humidité	1,7
	100,0

A 8 heures du matin, on a commencé à gaver. Le canard a reçu 50 grammes de lard; on l'a tué à 8 heures du soir, quand on fut assuré que son jabot était vidé. Le gésier ne renfermait qu'une légère quantité d'une matière jaune et acide. Les deux intestins étaient remplis par un chyme assez liquide dans l'intestin grêle, beaucoup plus épais dans le gros intestin, d'un gris clair, opalin et faiblement acide. Les cœcums se trouvaient très-distendus par un liquide vert très-fétide. Les déjections ont été extrêmement abondantes, parce que l'animal avait beaucoup bu : elles étaient acides et recouvertes d'une couche de graisse figée.

On a retiré :

	Humide.	Sec.	Graisse.
	gr	gr	gr
Du ventricule et du gésier..........	0,40	0,10	0,67
Des intestins....................	16,89	3,09	
Des cœcums......................	1,00	0,84	0,71
Déjections......................	»	38,47	36,87
		42,50	

Graisse totale................................	38,25
Graisse normale................................	0,17
Différence...............	+38,08
Dans le lard ingéré il y avait : graisse.............	48,15
Graisse absorbée en douze heures..................	10,07
Par heure.................	0,84

Assimilation ou combustion de l'aliment.

	gr
Retiré ou sorti de l'appareil digestif................	42,50
Matières intestinales et déjections normales..........	3,85
Matières retrouvées dans les intestins et les déjections..	38,65
Lard sec ingéré................................	49,15
Assimilé ou brûlé en douze heures	10,50
Par heure.................	0,88

Il y a eu $0^{gr},84$ de graisse absorbés dans une heure. C'est, à très-peu près, la quantité assimilée dans mes expériences antérieures, lorsque j'ajoutais aux 125 grammes de riz donnés au canard 60 grammes de beurre; la graisse fixée dans un jour s'est élevée à 19 ou 20 grammes : soit $0^{gr},81$ par heure.

En comparant les matières sèches de l'aliment à celles retirées des intestins, ou sorties avec les déjections, on voit que de la graisse seule a été absorbée. Le lard privé de maigre est évidemment une nourriture insuffisante, non-seulement parce qu'il ne renferme pas assez de principes alimentaires azotés, mais aussi parce que la graisse qu'il

[illegible] de combustible [illegible] assimilé par [illegible] l'hydrogène [illegible] combustible, [illegible] dans le même [illegible]

[illegible] quand elle est [illegible] plus forte [illegible] en amidon. [illegible] dans le cas où la [illegible] à un principe [illegible] les graines oléa- [illegible] la faculté de [illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible] du lin ou du [illegible] et les ca- [illegible] décidé à [illegible] dont je me suis [illegible]

	gr.
[illegible]	48,4
[illegible]	20,6
[illegible]	13,4
[illegible]	0,6
[illegible]	8,0
	100,0

[illegible] Après avoir constaté [illegible] j'ai dosé ces [illegible]

[illegible] cubes : tempéra- [illegible] ont cédé à l'é- [illegible]

A 10 heures du matin, on a commencé à gaver; le canard a été tué à 10 heures du soir. Dans cet intervalle, on avait ingéré 50 grammes de semence; dans le jabot, on en a recueilli 4 grammes, pesés après avoir été séchés à l'étuve. Les déjections étaient couleur de chocolat, cylindriques; la partie liquide fort abondante, car l'animal a bu près de 1 litre d'eau distillée, avait une teinte jaune; ce liquide n'avait pas la réaction acide.

Le ventricule et le gésier renfermaient une pâte brune assez sèche et acide. Le chyme ne possédait pas une couleur uniforme : sur quelques points il était lactescent; sur d'autres, particulièrement dans le gros intestin, il ressemblait exactement à du chocolat épais; sur toute la longueur du tube intestinal, il y avait une très-faible réaction acide. On a retiré :

	Humide.	Sec.	Graisse.
	gr	gr	gr
Du ventricule, gésier et intestins.....	14,00	3,05	1,00
Déjections	»	21,90	11,40
		24,95	
Graisse..			12,40
Graisse normale			0,17
Différence			+12,23
46 grammes de cacao, matière sèche 42gr,32, contenaient : graisse			22,27
Graisse absorbée en douze heures............ ...			10,04
Par heure..................			0,83

Assimilation ou combustion de l'aliment.

	gr
Retiré ou sorti de l'appareil digestif................	24,95
Matières intestinales et déjections normales..........	3,85
Matières retrouvées dans les intestins et les déjections..	21,10
Cacao sec ingéré..................................	42,32
Assimilé ou brûlé en douze heures..................	21,22
Par heure..................	1,77

$0^{gr},83$ de beurre de cacao doivent contenir environ $0^{gr},66$ de carbone. 1 gramme de légumine, qui complète la quantité de matière alimentaire assimilée ou brûlée dans une heure, en renferme $0^{gr},51$; on a donc, pour le carbone introduit par heure dans l'organisme, $1^{gr},17$. Comme le cacao est considéré avec raison comme une substance alimentaire au plus haut degré, j'ai fait une seconde expérience pour constater de nouveau l'assimilation de cette matière.

DIXIÈME EXPÉRIENCE.

Canard gavé avec du cacao.

Depuis 7 heures du matin jusqu'à 1 heure de l'après-midi, un canard a reçu $31^{gr},7$ de cacao. Après la mort, on a extrait du jabot 8 grammes de semences; il reste alors $23^{gr},7$ pour le poids du cacao digéré ou en voie de digestion. On a retiré :

	Humide.	Sec.
	gr	gr
Du ventricule et du gésier	6,09	2,89
Des intestins	28,20	4,60
Déjections	»	9,90
		17,39
Matières intestinales et déjections normales		3,05
Matières retrouvées dans les intestins et les déjections		14,34
Cacao ingéré, sec		21,80
Assimilé ou brûlé en douze heures		7,46
Par heure		1,24

Ces expériences montrent que la quantité de graisse absorbée dans un temps donné, par la paroi des organes digestifs, est sensiblement la même, quelle que soit la nature d'un aliment surabondamment chargé de principes gras. Ainsi, le cacao renfermant la moitié de son poids de matière butyreuse, le lard, le beurre mêlé au riz ont fourni, par heure, à très-peu près, 8 décigrammes de

graisse. C'est à cette quantité que paraît se borner, pour le canard, la faculté absorbante des organes. On voit par là qu'il ne faudrait pas dépasser une certaine limite dans la proportion des matières grasses à introduire pour améliorer une ration destinée à provoquer l'engraissement, puisque, au delà de cette limite, la graisse passerait en pure perte dans les excréments.

L'absorption d'une certaine quantité de substances grasses pendant la nutrition étant un phénomène constant, pour rechercher s'il y a production de graisse durant la digestion, il convient d'expérimenter avec des matières qui en soient totalement privées; car si, après la digestion de semblables matières, la graisse fournie par le chyme ou par les déjections n'excède pas celle que nous savons exister dans les mêmes circonstances quand l'animal ne reçoit aucune nourriture, on aura, sinon une preuve, du moins de très-fortes raisons pour admettre qu'il n'y a pas eu développement de principes gras dans l'appareil digestif; en effet, comme je l'ai déjà fait remarquer, il serait peu naturel de supposer que la graisse produite ait été absorbée en totalité. Pour conclure à la formation de la matière grasse, il faudra nécessairement que la graisse extraite après l'alimentation excède la graisse normale.

Comme les aliments, abstraction faite de la matière grasse, sont essentiellement composés de deux ordres de principes, les substances nutritives azotées et celles qui ne renferment pas d'azote, j'ai successivement expérimenté avec de l'amidon, du sucre, de la gomme, puis avec de l'albumine et du caséum.

ONZIÈME EXPÉRIENCE.

Canard gavé avec de l'amidon.

A 7 heures du matin, on a gavé un canard, à jeun depuis trente-six heures, avec des fragments d'amidon. A

midi, on en avait ingéré 60 grammes, représentant 51gr,78 d'amidon sec. On a tué le canard à 4 heures de l'après-midi : il ne restait rien dans le jabot. *Ventricule*, matière pultacée jaune et acide; *gésier*, vide; *intestins*, liquide homogène, jaune pâle, acide, devenant plus épais dans le gros intestin; *déjections*, jaunes, très-liquides, acides, peu de matière urique; matière verte analogue à celle des cœcums : mucus assez abondant. On a retiré :

	Humide.	Sec.	Graisse.
	gr	gr	gr
Du ventricule...........	0,80	0,20	0,006
Des intestins............	20,22	3,62	0,138
Déjections	»	4,02	0,035
		7,84	
Graisse..............................			0,179
Graisse normale......................			0,170
Différence			—0,009

La graisse trouvée dans l'appareil digestif et dans les déjections n'excède pas la graisse normale; du moins la différence est de l'ordre des variations que présente la matière grasse observée dans les intestins et les déjections des canards privés de nourriture.

Assimilation ou combustion de l'aliment.

	gr
Retiré ou sorti de l'appareil digestif................	7,84
Matières intestinales et déjections normales..........	3,89
Matières retrouvées dans les intestins et les déjections.	4,45
Amidon *sec* ingéré..................................	51,78
Assimilé ou brûlé en *neuf* heures...................	47,33
Par heure..............	4,26

Les 5gr,26 d'amidon portent dans l'organisme 2gr,37 de carbone, quantité bien supérieure à celle qui est nécessaire pour entretenir la respiration pendant une heure.

DOUZIÈME EXPÉRIENCE.

Canard gavé avec du sucre.

A 6 heures du matin, on a commencé à ingérer des morceaux de sucre bien sec. L'expérience a duré neuf heures. Une demi-heure après la première ingestion, le canard a eu une selle très-copieuse et très-liquide. On a donné 60 grammes de sucre.

Les déjections renfermaient du sucre. On a retiré :

	Humide.	Sec.	Graisse.
	gr	gr	gr
Des intestins et du gésier	11,50	2,80	0,110
Déjections	»	10,00	0,055
		12,80	
Graisse			0,165
Graisse normale			0,170
Différence			—0,005

Assimilation ou combustion de l'aliment.

	gr
Retiré ou sorti de l'appareil digestif	12,80
Matières intestinales et déjections normales	3,39
Retrouvé	9,41
Sucre sec ingéré	60,00
Assimilé ou brûlé en neuf heures	50,59
Par heure	5,62

5gr,62 de sucre renferment à très-peu près la quantité de carbone qui se trouve dans les 5gr,26 d'amidon assimilés dans l'expérience précédente.

TREIZIÈME EXPÉRIENCE.

Canard gavé avec de la gomme arabique.

Les aliments contenant assez souvent des matières analogues à la gomme, je pensais que cette substance serait

[illegible] avaient été l'amidon et le [illegible] cette prévision.

[illegible] gomme arabique. Les dé- [illegible] cartilagineuses, lé- [illegible] laissé un résidu ayant [illegible] desséché, il a pesé [illegible] la gomme avait donc [illegible] traitée par l'eau [illegible] extrait 0gr,11 d'acide [illegible] ce qui rendrait, en neuf [illegible]

[illegible] extrêmement vraisem- [illegible] seuls, ne produisent [illegible] dans l'appareil digestif, [illegible] ces mêmes matières sont [illegible] qu'elles apportent dans [illegible] combustibles qu'il n'en faut [illegible] J'examinerai maintenant [illegible] principes azotés alimentaires [illegible] isolément.

QUATRIÈME EXPÉRIENCE.

Canard gavé avec de l'albumine.

[illegible] canard qui n'avait reçu aucune nourriture depuis [illegible] heures on a donné du blanc d'œuf durci par la [illegible]

A [illegible] heures du matin...........	60gr
A 11 heures du matin...........	60
A 2 heures de l'après-midi........	50
A 4 heures et demie...........	50
A 7 heures et demie...........	50
	270

Le canard a été tué à 9 heures du soir; on a retiré du

jabot 69gr,35 de blanc d'œuf; reste 200gr,65. Par une longue dessiccation, on a trouvé que le blanc d'œuf renfermait 0,138 de matière sèche; soit 27gr,69 pour 200gr,65.

Deux heures après la première ingestion, il y a eu une selle abondante chargée d'acide urique. Le canard n'a pas bu, ce qui s'explique par la forte proportion d'eau que retient l'albumine coagulée.

Dans le ventricule et le gésier, l'aliment se trouvait en morceaux enveloppés d'une pâte glaireuse, jaune et acide; le chyme de l'intestin grêle était assez fluide, homogène et d'un vert foncé; la fluidité diminuait en avançant vers le gros intestin. Avant le point de jonction des cœcums, le tube intestinal était fortement distendu, sur une longueur de 5 centimètres, par un gaz fétide. Au delà, dans la direction du cloaque, on retrouvait une matière verte, très-épaisse, d'une odeur désagréable; elle ramenait au bleu le papier rougi de tournesol. On a retiré :

	Humide.	Sec.	Graisse.
	gr	gr	gr
Du ventricule et du gésier.......	13,23	6,03	0,03
Des intestins..................	23,73	4,28	0,27
Déjections.....	»	7,40	0,07
		16,71	0,37
Graisse jaune, consistance du beurre................			0,37
Graisse normale............................			0,17
Différence.................			+0,20

Ainsi nous trouvons un excès de 2 décigrammes sur la graisse normale, et cet excès doit être un minimum, puisqu'il y a toujours de la graisse absorbée pendant le passage du bol alimentaire dans le tube intestinal. Si cet excès avait pour origine la matière appartenant au blanc d'œuf, il faudrait que celui-ci en contînt 0,006; or une semblable proportion ne saurait passer inaperçue, puisqu'en traitant par l'éther, comme on l'a fait, 2 grammes de blanc

d'œuf desséché, réduit en poudre impalpable, on en aurait extrait $0^{gr},012$ de matière grasse, tandis qu'en réalité cette matière n'a pas pesé tout à fait 1 milligramme.

Assimilation ou combustion de l'aliment.

Retiré ou sorti de l'appareil digestif........	$16^{gr},71$
Matières intestinales et déjections normales...	3,73
Retrouvé..	12,98
Albumine sèche ingérée..................	27,69
Assimilé ou brûlé en douze heures.........	14,71
Par heure............	1,23

$1^{gr},23$ d'albumine, fixée dans l'organisme, en une heure de temps, contiennent au plus $0^{gr},67$ de carbone, lorsque l'animal en consume $0^{gr},75$. L'albumine serait donc, au point de vue de la combustion respiratoire, un aliment insuffisant.

La difficulté qu'il y a à ingérer du blanc d'œuf coagulé, à cause de son volume, m'a engagé à répéter cette expérience en employant du blanc d'œuf privé d'une partie de son humidité par une dessiccation préalable.

QUINZIÈME EXPÉRIENCE.

Canard gavé avec de l'albumine.

Le blanc d'œuf, coupé en morceaux, a été placé dans une étuve. En diminuant de volume, les morceaux sont devenus transparents sur les bords tout en restant opaques au centre. On a fait prendre au canard 225 grammes de blanc d'œuf qui, après la dessiccation partielle, ne pesèrent plus que $42^{gr},50$; mais, comme ce blanc d'œuf coagulé ne contient que 0,138 de substance sèche, les $42^{gr},50$ ne renfermaient réellement que $31^{gr},05$ d'albumine entièrement privée d'eau.

On a commencé à gaver à 6 heures du matin. On a tué le

canard à 9 heures du soir. On a ôté du jabot des morceaux qui, desséchés, ont pesé, en poudre, $5^{gr},88$; l'albumine sèche digérée est ainsi réduite à $25^{gr},17$.

Les matières contenues dans les intestins, les déjections, se sont présentées avec les mêmes caractères que dans l'expérience précédente ; la seule différence à signaler, c'est qu'il n'y avait pas de gaz accumulés dans le tube intestinal. On a retiré :

	Humide.	Sec.	Graisse.
Du ventricule et du gésier.	$4^{gr},50$	$3^{gr},74$	$0^{gr},40$
Des intestins...........	15,79		
Déjections..............	»	0,40	0,13
		10,14	
Graisse presque blanche, consistance du beurre.			0,53
Graisse normale.........................			0,17
Différence..................			+0,36

Assimilation ou combustion de l'aliment.

Retiré ou sorti de l'appareil digestif..........	$10^{gr},14$
Matières intestinales et déjections normales.....	4,07
Retrouvé...............................	6,17
Albumine sèche ingérée....................	25,17
Assimilé ou brûlé en quinze heures..........	19,00
Par heure..............	1,27

Ici encore, les éléments de l'albumine introduits dans l'organisme, et qui n'ont pas reparu dans les excréments, ne contiennent pas assez de carbone pour satisfaire à la respiration.

SEIZIÈME EXPÉRIENCE.

Canard gavé avec du caséum pur.

Le fromage contenant encore du beurre et qui n'est pas complétement privé de sucre de lait est un aliment des plus substantiels. Nous avons reconnu, en effet, que ce fro-

mage présente, pendant le temps de son séjour dans l'organisme, des éléments bien suffisants pour la nutrition. Il devenait intéressant d'étudier l'action du caséum séparé des deux matières qu'il retient ordinairement, alors même qu'on le prépare avec du lait privé de crème.

J'ai lavé à grande eau du caillé de lait écrémé, afin d'enlever la lactine; je l'ai soumis à la presse, puis, pendant plusieurs jours, je l'ai traité par l'éther dans un appareil de déplacement, jusqu'à ce qu'il ne cédât plus de beurre au dissolvant. J'ai considéré la purification, qui dura près de quinze jours, comme terminée, quand la matière, séchée et réduite en poudre extrêmement fine, n'abandonna plus la moindre trace de graisse à l'éther. Le caséum, après avoir été exposé à l'étuve pour volatiliser l'éther adhérent, se présentait à l'état d'une poudre blanche, inodore, insipide, contenant $0^{gr},732$ de substance sèche, la dessiccation étant opérée à 110 degrés. Sous cet état pulvérulent, il eût été impossible de l'ingérer; pour lui donner une consistance convenable, j'ai versé dessus de l'eau bouillante. Le caséum s'est pris alors en une masse élastique, ayant par son aspect de l'analogie avec le gluten. Cette masse exprimée fortement dans un linge a pu être moulée et coupée en morceaux.

A 6 heures du matin, j'ai commencé à gaver un canard qui avait passé trente-six heures sans manger; à $6^h 30^m$ du soir, l'animal a été tué; il avait pris une quantité de caséum humide renfermant $57^{gr},06$ de matière sèche; mais, comme j'ai extrait du jabot $20^{gr},03$ de caséum pesé après dessiccation, le caséum sec, soumis à la digestion, pesait $37^{gr}.03$.

A 8 heures du matin, le canard avait déjà rendu en abondance des déjections visqueuses, formées d'un liquide presque incolore, acide, dans lequel on voyait de la matière verte des cœcums et de l'acide urique; à 11 heures, les parties blanches d'acide urique étaient en très-grande quantité. Dans le ventricule, les morceaux de caséum se trouvaient

comme usés à leur surface enveloppée d'un liquide jaune et très-acide. Cette pulpe acide se retrouvait dans le gésier, mêlée, comme cela arrive fréquemment, avec des grains de quartz et des fragments de verre. Dans l'intestin grêle, il y avait un chyme verdâtre assez fluide et acide; ce chyme était plus épais, plus foncé en couleur, moins acide dans le gros intestin. Le tube intestinal était rempli sur toute sa longueur. On a retiré :

	Humide.	Sec.	Graisse.
	gr	gr	gr
Du ventricule et du gésier..	20,00	9,50	0,05
Des intestins.............	11,23	2,22	0,31
Déjections...............	»	6,05	0,06
		17,77	
Graisse d'un beau jaune, solide, cristalline......			0,42
Graisse normale..........................			0,17
Différence...............			+0,25

Cette graisse excédante est à peu près égale à celle qui a été obtenue par la digestion de l'albumine.

Assimilation ou combustion de l'aliment.

	gr
Retiré ou sorti de l'appareil digestif..........	17,77
Matières intestinales et déjections normales.....	4,23
Retrouvé............................	13,54
Caséum sec ingéré........................	37,03
Assimilé ou brûlé en douze heures et demie...	23,49
Par heure...............	1,87

Ce caséum contiendrait, s'il était parfaitement pur, 1 gramme de carbone, quantité à peine suffisante pour entretenir la respiration de l'animal pendant une heure.

DIX-SEPTIÈME EXPÉRIENCE.

Canard gavé avec du caséum.

Dans cette expérience, je me suis proposé de faire prendre une plus forte dose de caséum pur, et de constater si l'animal conserverait son poids sous l'influence de ce régime. Le caséum a été préparé par la méthode que j'ai décrite, avec cette différence, que le lavage à l'éther a été effectué sur la matière préalablement desséchée et réduite en poudre.

$1^{gr},722$ de ce caséum bien desséché, broyé et traité par l'éther, ont donné $0^{gr},0015$ de graisse.

Le 17 juillet, à 11 heures du matin, un canard, à jeun depuis trente-six heures, a pesé 1105 grammes. On lui a ingéré, à plusieurs reprises, $103^{gr},20$ de caséum pesé sec, mais préparé comme il a été dit précédemment. Le 19 juillet, à 11 heures du matin, quand on l'a tué, le canard pesait 1085 grammes, ayant ainsi perdu 20 grammes de son poids initial. Du jabot, on a ôté $7^{gr},05$ de caséum sec. Le caséum sec digéré devient alors $96^{gr},16$.

Le premier jour, l'animal a très-peu bu : aussi ses déjections étaient-elles assez consistantes, acides au moment de l'émission et très-chargées d'acide urique. Durant la nuit du 15 au 18, il a rendu près d'un demi-litre d'excréments très-liquides, mais dans lesquels il y avait toujours beaucoup d'acide urique. On a retiré :

	Humide.	Sec.	Graisse.
	gr	gr	gr
Du ventricule et du gésier..	0,50	0,10	0,23
Des intestins.............	8,25	2,20	
Déjections..............	690,00	38,50	0,27
		40,80	
Graisse jaune solide..................			0,50
Graisse normale......................		0,17	0,25
Graisse restée dans les $96^{gr},15$ de caséum.		0,08	
Différence...............			+0,25

Assimilation ou combustion de l'aliment.

Retiré ou sorti de l'appareil digestif......	gr 40,80
Matières intestinales et déjections normales.	7,86
Retrouvé..............................	32,94
Caséum sec ingéré.....................	96,15
Assimilé ou brûlé en quarante-huit heures.	63,21
Par heure...........	1,36

Ces deux expériences s'accordent pour établir que le caséum *absorbé* est insuffisant pour la nutrition. Les pesées montrent aussi l'insuffisance de ce régime, puisque, en quarante-huit heures, après avoir digéré près de 100 grammes de caséum pur, le canard a perdu 20 grammes de son poids initial.

Je viens de dire que le caséum a été *absorbé*. En effet, on n'en retrouve que des traces douteuses dans les excréments. La partie insoluble des déjections est presque entièrement formée d'acide urique; j'en ai retiré 21gr,10 d'acide pur et parfaitement sec. Au reste, ces déjections sèches renfermaient :

Graisse.............	gr 0,27
Acide urique.........	21,10
Matières solubles.....	9,73
Matières insolubles....	7,40
	38,50

Dans les matières solubles figure l'ammoniaque, qui existe en quantité notable dans les déjections fraîches, ainsi que je m'en suis convaincu. Je ne m'attendais pas à constater une production aussi considérable d'acide urique : 21gr,1 de cet acide contiennent 7gr,60 de carbone, et représentent, par conséquent, 14gr,2 de caséum. Ainsi, près de $\frac{1}{7}$ du caséum digéré aurait été transformé et expulsé à l'état d'acide urique.

DIX-HUITIÈME EXPÉRIENCE.

Canard gavé avec de la gélatine.

Depuis un Rapport fait à l'Académie des Sciences, au nom d'une Commission et par l'organe de M. Magendie, on est généralement porté à croire que la gélatine ne doit plus être rangée parmi les substances alimentaires. Sous l'empire de cette disposition, j'étais persuadé qu'en nourrissant des canards avec de la colle-forte je retrouverais la totalité de cette matière dans les déjections. On verra, par les expériences suivantes, que cette prévision ne s'est point réalisée.

J'ai employé de la colle-forte de Bouxwiller, où on la prépare avec les os des chevaux abattus dans l'établissement. Cette colle est transparente, presque incolore; aussi est-elle recherchée par les restaurateurs pour la confection des gelées. Avant de l'ingérer, je l'ai fait gonfler dans l'eau. De 8 heures du matin à 1 heure de l'après-midi, un canard à jeun depuis trente-six heures a reçu 60 grammes de colle pesée sèche; on l'a tué à 5 heures.

Les déjections formaient un liquide à réaction acide dans lequel on apercevait de la matière blanche insoluble, mélangée à la substance verte des cœcums; ce liquide précipitait par l'infusion de noix de galle; il s'y trouvait donc de la gélatine. On a retiré :

	Humide.	Sec.
	gr	gr
Du ventricule et du gésier.................	»	»
Des intestins..............................	11,00	3,01
Déjections.................................	»	28,00
Retiré ou sorti de l'appareil digestif.........		31,01
Matières intestinales et déjections normales....		3,28
Retrouvé...................................		27,73
Gélatine sèche ingérée.....................		60,00
Assimilé ou brûlé en huit heures...........		32,27
Par heure..............		4,03

4gr,02 de gélatine contiennent 2gr,04 de carbone, tandis que le canard n'en brûle que 1gr,25 par heure; elle peut donc intervenir utilement pour la respiration, mais là ne se borne pas probablement le rôle de la gélatine. Des déjections, j'ai extrait 3gr,40 d'acide urique; or, en huit heures de temps, un canard, en ne prenant aucune nourriture ou en recevant comme aliment du sucre ou de la fécule, ne rend que 0gr,09 du même acide. On est donc forcé d'admettre qu'une fois introduite dans l'organisme la gélatine concourt à la formation de l'acide urique, en y éprouvant une modification analogue à celle qu'y subissent l'albumine et le caséum.

DIX-NEUVIÈME EXPÉRIENCE.

Canard gavé avec de la gélatine.

Un canard, pesant à jeun 1129 grammes, a pris, en deux jours, 120 grammes de colle forte. Le second jour, à jeun, il a pesé 1140 grammes; son poids était donc resté à peu près stationnaire après l'usage de ce régime.

VINGTIÈME EXPÉRIENCE.

Canard gavé avec de la gélatine.

J'ai cru devoir répéter la dix-huitième expérience. On a retiré :

	Humide.	Sec.
	gr	gr
Du ventricule et du gésier	»	»
Des intestins	18,00	3,50
Déjections	»	21,50
Retiré ou sorti de l'appareil digestif		25,00
Matières intestinales et déjections normales		3,28
Retrouvé		21,72
Gélatine sèche ingérée		60,00
Assimilé ou brûlé en huit heures		38,28
Par heure		4,78

J'ai extrait des déjections 4gr,40 d'acide urique pur

et sec; ainsi, par heure, sous l'influence de la colle comme nourriture, l'animal a rendu :

Acide urique (moyenne)	gr 0,49
Sous l'influence du caséum (une expérience) ..	0,44

Il me paraît évident que la gélatine n'est pas absolument dénuée de toute faculté nutritive. Sans doute on ne saurait la considérer comme un aliment complet, puisqu'elle manque des matières salines et terreuses, des phosphates indispensables dans la nutrition; peut-être aussi, malgré sa constitution azotée et bien qu'elle donne naissance à de l'acide urique, se borne-t-elle à remplir, dans l'alimentation, le rôle utile du sucre et de l'amidon. Des recherches qui auraient pour objet d'apprécier à ce point de vue la valeur alimentaire de cette substance seraient, à mes yeux, du plus haut intérêt.

VINGT ET UNIÈME EXPÉRIENCE.

Canard gavé avec de la fibrine.

Les expériences mentionnées dans le Rapport de la Commission de *la gélatine* ont établi que cette dernière substance n'est pas la seule qui soit imcomplétement nutritive. L'albumine, la fibrine sont tout aussi impropres que la gélatine à l'alimentation prolongée, quand elles sont données à l'état de pureté. « Bien que des chiens, dit le Rapport, » eussent mangé et digéré régulièrement, chaque jour, » 500 à 1000 grammes de fibrine, ils n'en ont pas moins » offert graduellement, par la diminution de leur poids, » par leur maigreur croissante, les signes d'une alimentation insuffisante, et l'un d'eux est mort d'inanition, » après avoir consommé tous les jours, pendant deux mois, » un demi-kilogramme de fibrine; le sang avait presque » complétement disparu [1]. »

([1]) MAGENDIE, Rapport de la Commission dite *de la gélatine*. (*Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, t. XIII, p. 16, 198 et 237.

Je crois avoir reconnu, dans le cercle à la vérité très-restreint de mes observations, pourquoi l'albumine et le caséum nourrissent insuffisamment. L'expérience que j'ai faite avec la fibrine me semble apporter une nouvelle preuve en faveur de mon opinion.

Du bœuf bouilli, séparé de la graisse, a été divisé et malaxé dans un grand volume d'eau, où on l'a laissé séjourner vingt-quatre heures. L'eau a été renouvelée plusieurs fois. La fibrine a été fortement exprimée dans une toile; malgré les lavages, elle a conservé l'odeur qui caractérise la viande de bœuf cuite. $9^{gr},13$ de fibrine exprimée, à l'état où elle a été ingérée, ont laissé, par une dessiccation opérée à 130 degrés, $3^{gr},67$ de matière sèche; elle en renfermait 0,042 : la fibrine sèche a donné 0,012 de cendres.

De 9 heures du matin à 5 heures du soir, on a fait prendre à un canard $98^{gr},70$ de fibrine humide; soit, sèche, $39^{gr},68$. L'animal a été tué à $10^{h}30^{m}$, quand on eut reconnu que le jabot était à peu près vide; il ne contenait plus que $0^{gr},70$ de matière pesée après dessiccation. Les déjections ont été liquides, acides et abondantes en acide urique.

Le chyme ressemblait à celui de la digestion du caséum. On a retiré :

	Humide.	Sec.
	gr	gr
Du ventricule et du gésier................	»	»
Des intestins.............................	14,50	3,30
Déjections................................	«	15,20
Retiré ou sorti de l'appareil digestif.........		18,50
Matières intestinales et déjections normales....		3,91
Retrouvé..................................		14,59
Fibrine sèche ingérée.....................		38,68
Assimilé ou brûlé en treize heures et demie...		24,19
Par heure..............		1,78

$1^{gr},78$ de fibrine ne renferment pas même 1 gramme de

carbone; c'est à $0^{gr},25$ près le carbone éliminé en une heure par la respiration.

J'ai obtenu des déjections $5^{gr},09$ d'acide urique. Il s'y trouvait :

	gr
Acide urique............	5,09
Matières insolubles........	4,21
Matières solubles.........	5,90
	15,20

VINGT-DEUXIÈME EXPÉRIENCE.

Canard gavé avec un mélange d'albumine et de gélatine.

Il restait à examiner si un aliment azoté, insuffisant à porter dans l'organisme les éléments combustibles nécessaires à la respiration, serait assimilé ou brûlé en moindre quantité encore, lorsqu'il se trouverait associé à une substance alimentaire facilement absorbable. J'ai, en vue de cet examen, ingéré un mélange d'albumine et de gélatine. Le sujet de cette expérience était un canard âgé de trois mois, à jeun depuis trente-six heures, pesant seulement 910 grammes. A 8 heures du matin, on lui a fait prendre 75 grammes de blanc d'œuf et 30 grammes de gélatine, puis on l'a tué à midi. On a retrouvé dans le jabot 28 grammes de blanc d'œuf, de sorte que la quantité digérée ou en voie de digestion se réduit à 47 grammes; soit $6^{gr},49$ d'albumine sèche. On a retiré :

	Humide.	Sec.
	gr	gr
Du gésier, intestins, etc...............	18,50	6,90
Déjections sèches....................	»	11,65
		18,55

Assimilation ou combustion des aliments.

Retiré ou sorti de l'appareil digestif.......		18gr,55
Matières intestinales et déjections normales.		2,81
Retrouvé..........................		15,74
Ingéré : albumine.....................	6g,49	36,49
Gélatine............................	30,00	
Assimilé ou brûlé en quatre heures........		20,75
Par heure............		5,19

D'après la composition de l'aliment mixte ingéré, ces 5gr,19 devaient renfermer :

Albumine............	0gr,92
Gélatine.............	4,26

On voit, par ce résultat, que ces deux substances réunies sont assimilées ou brûlées dans une proportion peu différente de celle que l'on a trouvée pour chacun des aliments. Nous avons constaté, en effet, que, chez un canard du poids de 1300 grammes, l'assimilation ou la combustion a été par heure :

Pour la gélatine...	4gr,78
Pour l'albumine...	1,23

VINGT-TROISIÈME EXPÉRIENCE.

Chair musculaire.

La chair musculaire, dans laquelle la fibrine, la gélatine sont associées à des sels alcalins à acides organiques, à des phosphates, à de la graisse et à de la matière colorante du sang, est alimentaire au plus haut degré. J'ai été étonné de la rapidité avec laquelle elle a été digérée dans l'expérience dont je vais rapporter les détails; j'ajouterai que

c'est de tous les aliments avec lesquels j'ai expérimenté le seul qui ait été accepté par les canards; il n'a pas été nécessaire de les gaver. 201 grammes de viande crue de bœuf ont été pris par un canard, entre 9h30m du matin et 1h30m de l'après-midi. A 7h30m du soir, il n'y avait plus rien dans le jabot; c'est alors qu'on a tué l'animal.

Les déjections ont été assez liquides; acides au moment de l'émission, très-chargées d'acide urique.

Par une dessiccation longtemps prolongée, la chair a fourni 0,238 de substance sèche; soit 47gr,84 pour 201 grammes. On a retiré :

	Humide.	Sec.
	gr	gr
Du gésier	»	»
Des intestins	15,10	2,90
Déjections	»	20,08
Retiré ou sorti de l'appareil digestif		22,98
Matières intestinales et déjections normales		3,62
Retrouvé		19,36
Viande sèche ingérée		47,84
Assimilé ou brûlé en onze heures		28,48
Par heure		2,59

En évaluant à 0gr,53 le carbone de la chair musculaire sèche, en raison de la graisse qui pouvait s'y rencontrer, on voit que, par heure, cet aliment a porté dans le système environ 1gr,4 d'éléments combustibles, c'est-à-dire bien plus qu'il n'en fallait pour la respiration. J'ai retiré des déjections :

	gr
Acide urique sec	8,68
Matières insolubles	5,32
Matières solubles	6,80
	20,80

Je n'ai pas réussi à constater la présence de l'urée dans

ces déjections; je me suis assuré aussi qu'elles ne contiennent pas d'acide hippurique.

D'après les vues de M. Dumas sur la digestion, cette fonction comprend deux ordres de phénomènes : elle remplace les matériaux du sang incessamment détruits par la respiration, en même temps qu'elle restitue ou qu'elle ajoute de nouvelles parties à l'organisme. Les produits de la digestion doivent donc suffire, d'une part, à la combustion respiratoire, source de la chaleur animale, et de l'autre à l'assimilation. En effet, chaque être vivant, pour assurer son existence, doit développer dans un temps donné une certaine quantité de chaleur; il lui faut, par conséquent, des aliments combustibles et des aliments plastiques pour réparer les pertes de matière occasionnées par les sécrétions qui ne cessent pas de se manifester, même durant la diète la plus absolue.

Les résultats exposés dans ces recherches, en montrant que l'albumine, la fibrine, le caséum, bien qu'absorbés en proportions considérables par les voies digestives, ne fournissent pas toujours assez d'éléments combustibles à l'organisme, expliquent, selon moi, pourquoi ces mêmes substances, si éminemment propres à l'assimilation, deviennent cependant des aliments insuffisants quand elles sont données seules. Pour qu'elles nourrissent complétement, il faut qu'elles soient unies à des matières qui, une fois parvenues dans le sang, y brûlent en totalité, sans se transformer en corps que l'organisme expulse aussitôt, comme cela arrive à l'urée et à l'acide urique; aussi ces substances alimentaires essentiellement combustibles, comme l'amidon, le sucre, les acides organiques, et je me hasarde à y joindre la gélatine, entrent-elles toujours pour une proportion plus ou moins forte dans la constitution des aliments substantiels. Ce sont les aliments respiratoires dont le rôle principal est de contribuer à la production de la chaleur animale et d'économiser, en quelque sorte, les matériaux azotés, plus

spécialement destinés à l'assimilation. J'ajouterai que si, comme chacun sait, les substances albuminoïdes ne peuvent pas être remplacées en totalité dans la nutrition par des matières non azotées, elles ne peuvent pas davantage être substituées totalement à ces dernières, et que, de toute nécessité, l'albumine, la fibrine, le caséum, pour devenir une nourriture substantielle, doivent être associés à un aliment respiratoire.

RELATION

D'UNE

EXPÉRIENCE ENTREPRISE POUR DÉTERMINER L'INFLUENCE QUE LE SEL,

AJOUTÉ A LA RATION,

EXERCE SUR LE DÉVELOPPEMENT DU BÉTAIL.

On sait avec quelle avidité le sel est recherché par les herbivores : aussi, dans les grands pâturages de l'Europe et de l'Amérique méridionale, on le considère comme indispensable à l'élève du bétail. Cependant Mathieu de Dombasle a contesté l'absolue nécessité du sel pour l'entretien de la race bovine.

La soude se rencontre dans tous les fluides animaux. Aussi, au point de vue physiologique, peut-on admettre qu'un sel de soude est nécessaire, indispensable même dans l'alimentation, et il devient tout naturel de voir, dans l'usage modéré du chlorure de sodium, un puissant moyen hygiénique. C'est dans ces limites que j'ai toujours compris l'utilité du sel marin, et, chaque année, nous en faisons consommer dans nos étables 300 à 400 kilogrammes; mais ce que je ne comprends pas, ce sont ces opinions exagérées qu'on a émises sur les facultés alimentaires du sel. Je ne crois pas, par exemple, que 3 kilogrammes de foin additionnés de sel nourrissent autant que 4 kilogrammes du même fourrage donnés sans assaisonnement; que, par son intervention dans une ration, 1 kilogramme de sel développe 10 kilogrammes de chair ou de graisse. Au reste, on ne trouve nulle part la preuve de ces assertions, et j'entends par preuve, en matières agricoles, un résultat précis obtenu à l'aide de la balance; mais, comme on ne trouve pas

spécialement destinés à l'assimilation. J'ai
comme chacun sait, les substances album
pas être remplacées en totalité dans
matières non azotées, elles ne peuv
substituées totalement à ces derr
nécessité, l'albumine, la fibrine
une nourriture substantielle, d
ment respiratoire.

...e foin et regain.

. 14 »

jours d'expérience, il a été
...mes de fourrage : chaque jour ce
...ues de sel; par tête, 34 grammes.

Lot n° 2.

			kg
...é de 10 mois, a pesé à jeun, le 1er octobre...			140
, âgé de $8\frac{1}{2}$	»	» ...	135
..., âgé de $10\frac{1}{2}$	»	» ...	132
Poids initial du lot n° 2...			407

Rationné à 3 pour 100 du poids vivant, ce lot a reçu :

Du 1er au 25 oct. inclusiv., par jour. 12,5 kg de foin et regain.
Du 26 octobre au 13 novembre..... 13,5 »

Dans les quarante-quatre jours, il a été consommé 569 kilogrammes de fourrage.

Le lot n° 2 n'a point reçu de sel.

…ot n° 1, qui avait eu du sel, a pesé :

Gain en 44 jours.....	23 kg
»	11
»	12
…tal du lot n° 1..	46

… pas eu de sel, a

..	6 kg
…	19
....	20
…u lot n° 2.	45

… ajouté à la ration du … appréciable sur l'accroisse- …que, sous l'influence d'un régime … semblable,

…ayant eu du sel sont devenus....	110,6 kg
… lot n'ayant pas eu de sel.........	111,0

…n d'autres termes :

100 kg de fourrage additionné de sel ont produit......................	7,8 kg de poids vivant
100 de fourrage non salé ont produit...	7,9 »

Sans rien préjuger sur l'influence hygiénique que pourrait exercer un usage plus prolongé du sel, je puis affirmer que, pendant la durée de l'expérience, les deux lots se sont maintenus dans un excellent état de santé. Au reste, afin de pouvoir un jour prononcer avec certitude sur les effets qui résulteraient d'une privation de sel longtemps prolongée, j'ai pris des mesures pour que les taureaux du lot n° 1 ne participent pas aux distributions de sel faites dans les étables : on surveillera attentivement l'état sanitaire de ces

davantage la preuve de l'opinion contraire, j'ai cherché à déterminer, par une expérience directe, quelle est l'influence du sel dans la nutrition du bétail.

J'ai choisi dans nos étables six jeunes taureaux ayant à peu près le même âge et le même poids. Je les ai répartis en deux lots, ainsi qu'il suit :

Lot n° 1.

				kg
A, âgé de 8 mois, a pesé à jeun, le 1er octobre....				142
B, âgé de 8	»	»	....	147
C, âgé de 7	»	»	....	145
		Poids initial du lot n° 1....		434

Rationné à 3 pour 100 du poids vivant, ce lot a reçu pour nourriture :

	kg	
Du 1er au 25 oct. inclusiv., par jour...	13	de foin et regain.
Du 26 octobre au 13 novembre.......	14	»

Dans les quarante-quatre jours d'expérience, il a été consommé 591 kilogrammes de fourrage : chaque jour ce lot a reçu 102 grammes de sel ; par tête, 34 grammes.

Lot n° 2.

				kg
A', âgé de 10 mois, a pesé à jeun, le 1er octobre...				140
B', âgé de 8 ½	»	»	...	135
C', âgé de 10 ½	»	»	...	132
		Poids initial du lot n° 2...		407

Rationné à 3 pour 100 du poids vivant, ce lot a reçu :

	kg	
Du 1er au 25 oct. inclusiv., par jour.	12,5	de foin et regain
Du 26 octobre au 13 novembre.....	13,5	»

Dans les quarante-quatre jours, il a été consommé 569 kilogrammes de fourrage.

Le lot n° 2 n'a point reçu de sel.

Le 13 novembre, le lot n° 1, qui avait eu du sel, a pesé :

A...............	165 kg	Gain en 44 jours.....	23 kg
B...............	158	»	11
C...............	157	»	12
	480	Gain total du lot n° 1..	46

Le 13 novembre, le lot n° 2, qui n'avait pas eu de sel, a pesé :

A'...............	146 kg	Gain en 44 jours....	6 kg
B'...............	154	»	19
C'...............	152	»	20
	452	Gain total du lot n° 2.	45

On voit, par ces pesées, que le sel ajouté à la ration du lot n° 1 n'a produit aucun effet appréciable sur l'accroissement du poids vivant, puisque, sous l'influence d'un régime alimentaire exactement semblable,

100 kg du lot ayant eu du sel sont devenus....	110,6 kg
100 du lot n'ayant pas eu de sel.........	111,0

En d'autres termes :

100 kg de fourrage additionné de sel ont produit........................	7,8 kg	de poids vivant
100 de fourrage non salé ont produit...	7,9	»

Sans rien préjuger sur l'influence hygiénique que pourrait exercer un usage plus prolongé du sel, je puis affirmer que, pendant la durée de l'expérience, les deux lots se sont maintenus dans un excellent état de santé. Au reste, afin de pouvoir un jour prononcer avec certitude sur les effets qui résulteraient d'une privation de sel longtemps prolongée, j'ai pris des mesures pour que les taureaux du lot n° 1 ne participent pas aux distributions de sel faites dans les étables : on surveillera attentivement l'état sanitaire de ces

animaux, on appréciera leurs qualités comme reproducteurs ; en un mot, ils resteront en observation jusqu'au moment où ils iront à la boucherie.

Comme on pouvait le prévoir, les animaux au régime avec sel ont bu davantage que les animaux au régime sans sel. Voici le résumé de quelques séries d'observations faites à ce sujet :

QUANTITÉ D'EAU BUE par le lot n° 1.		MOYENNE par 24 heures.	QUANTITÉ D'EAU BUE par le lot n° 2.		MOYEN[NE] par 2[4 heures].
Le 20 oct. soir et 21 mat.	lit 44		Le 20 oct. soir et 21 mat.	lit 20	
Le 21 oct. soir et 22 mat.	43		Le 21 oct. soir et 22 mat.	45	
Le 22 oct. soir et 23 mat.	36	lit 41	Le 22 oct. soir et 23 mat.	31	[illegible]
Le 2 nov. soir et 3 mat.	43		Le 2 nov. soir et 3 mat.		
Le 2 nov. soir et 4 mat.	32		Le 3 nov. soir et 4 mat.	26	
Le 4 nov. soir et 5 mat.	37		Le 4 nov. soir et 5 mat.	42	
Le 5 nov. soir et 6 mat.	50	40 ½	Le 5 nov. soir et 6 mat.	25	[illegible]
Le 9 nov. soir et 10 mat.	54		Le 9 nov. soir et 10 mat.	37	
Le 10 nov. soir et 11 mat.	31		Le 10 nov. soir et 11 mat.	36	
Le 11 nov. soir et 12 mat.	41	42	Le 11 nov. soir et 12 mat.	33	[illegible]

En moyenne, le lot n° 1 a bu, en vingt-quatre heures, 41^{lit},16 d'eau, tandis que le lot n° 2 n'a bu que 32^{lit},86 ; la différence est, par conséquent, de 8^{lit}, 30.

Un point important dans certains cas d'alimentation, c'est de faire prendre la nourriture dans le moins de temps possible. Il convenait donc de constater si le lot auquel on donnait du sel mangeait sa ration avec plus de rapidité que celui auquel on n'en donnait pas.

Temps employé par les deux lots à manger leurs rations (1).

Le lot n° 1, qui a reçu du sel, a consommé :

13kg de foin et regain en.......	3h.15m
13 de foin en...............	4.40
14 de regain en.............	2.40
14 de foin en........	3.50
14 de regain en.............	2.45
14 de foin et regain en.......	3.20
14 de foin en...............	3.10
14 de foin en...............	3.15

Le lot n° 2, qui n'a point reçu de sel, a consommé :

		En supposant une quantité de fourrage égale à celle du n° 1.
12kg,500 de foin et regain en..	3h. 5m	3h.13m
12,500 de foin en..........	4.20	4.30
13,500 de regain en....... ...	2.55	3. 1
13,500 de foin en..........	4.15	4.25
13,500 de regain en........	2.50	2.56
13,500 de foin et regain en..	3. 5	3.12
13,500 de foin en..........	3.25	3.33
13,500 de foin en..........	4.00	4. 9

La même ration, consommée en 3h37m par le lot n° 2, était mangée en 3h22m par le lot n° 1 ; ainsi le sel aurait développé plus d'appétence, et l'on conçoit dès lors comment cette substance peut agir favorablement dans l'engraissement.

Dans le cours de ces recherches, il est arrivé qu'un jour le regain distribué s'est trouvé de très-mauvaise qualité : aussi n'a-t-il été mangé qu'avec une extrême répugnance par les soixante têtes de bétail renfermées dans l'étable ;

(1) En y comprenant le temps employé à boire.

toutes, à l'exception du lot n° 1, en ont laissé dans les crèches; les animaux de ce lot, qui recevaient du sel en plus forte proportion, ont consommé leur ration en totalité. C'est une nouvelle preuve à ajouter à celles que l'on possède déjà sur l'utile intervention du sel, lorsqu'il s'agit de faire consommer des fourrages avariés.

En présence des questions agitées en ce moment, je suis le premier à comprendre toute la gravité du résultat auquel j'ai été conduit par l'observation : aussi n'ai-je rien négligé pour donner à cette expérience toutes les garanties désirables d'exactitude. Ces garanties, je les ai trouvées en grande partie dans le zèle et l'activité d'un habile agronome, M. Eugène Oppermann, qui a bien voulu me seconder dans ces recherches [1].

La nullité d'action du sel ajouté à la ration sur la production du poids vivant semble en opposition avec le principe physiologique que j'ai rappelé, que la soude est essentielle à l'organisme, et par conséquent indispensable dans l'alimentation. Mais il faut remarquer que, si l'on est généralement d'accord sur la nécessité de la présence d'un sel de soude dans les aliments, on ignore encore la limite de la dose à laquelle ce sel deviendrait insuffisant. Or cette dose peut être telle, que la proportion de sel marin, qui fait partie des substances minérales contenues dans les aliments, soit suffisante, et au delà, pour satisfaire aux exigences de la digestion, surtout quand on n'a pas, comme dans l'engraissement, à surexciter l'appétit. Ces considérations m'ont conduit à déterminer la quantité de sel marin préexistant dans le fourrage consommé chaque jour par les animaux en observation. Le foin provenait des prairies de Durrenbach, situées dans la vallée de la Sauer. Ce fourrage laisse en moyenne 6 pour 100 de cendres, et,

---

[1] Ce travail a été entrepris alors que l'on discutait dans les Chambres françaises la question de l'abolition de l'impôt du sel.

dans ces cendres, l'analyse y a indiqué 4,3 pour 100 de chlorure de sodium. Par conséquent, comme la ration moyenne donnée à chaque tête du lot n° 2 était de $4^{kg},31$, on trouve que, dans cette ration, il entrait 250 grammes de substances minérales, parmi lesquelles il y avait plus de 11 grammes de sel marin, sans tenir compte d'à peu près 1 gramme du même sel qui existe dans les 11 litres d'eau bus chaque jour par les taureaux. Il paraîtrait que ces 12 grammes de chlorure de sodium sont suffisants pour une pièce de bétail du poids de 150 kilogrammes, puisqu'on n'a pas obtenu un développement plus rapide de poids vivant en ajoutant à la ration une dose de sel beaucoup plus forte. On ne se fait pas, en général, une idée exacte des principes salins qui entrent dans la constitution des aliments : ainsi une vache laitière, en consommant, par jour, 18 kilogrammes du foin dont il vient d'être question, reçoit avec ce fourrage 46 grammes de sel marin ([1]).

On trouve toujours une certaine proportion de chlorure de sodium dans les cendres que laissent les plantes fourragères, mais cette proportion est sujette à de grandes variations, qui dépendent probablement de la constitution géologique du sol, de la nature des engrais et de la qualité des eaux d'irrigation. Cette variation expliquerait, peut-être mieux que toutes les raisons données jusqu'à présent, la divergence des opinions émises sur les avantages de l'emploi du sel dans les étables. On conçoit, par exemple, que le sel produise un effet très-favorable dans les localités où les fourrages n'en contiennent que peu ou point, et que cet effet soit bien moins prononcé là où les aliments végétaux sont plus abondamment pourvus de sel marin. Il

---

([1]) On a déduit le poids du sel marin de celui du chlore dosé à l'état de chlorure d'argent. Il est clair qu'une partie du chlore pourrait constituer du chlorure de potassium.

y aurait donc, au point de vue de l'alimentation, de l'intérêt à doser le chlorure de sodium des graines et des plantes fourragères de diverses provenances. Les analyses des cendres que nous possédons aujourd'hui montrent déjà que certaines rations pourraient être suffisamment riches en sel marin, tandis que d'autres n'en contiendraient qu'une fort minime quantité. C'est ce dont on peut se convaincre en examinant le tableau suivant, dans lequel est indiquée la proportion de chlorure de sodium renfermée dans 100 kilogrammes de substance alimentaire.

Sel marin contenu dans 100 *kilogrammes de grains ou de fourrage.*

ALIMENTS.	LOCALITÉS.		ALIMENTS.	LOCALITÉS.	
	Alsace.	Allemagne.		Alsace.	Allemagne.
	gr	gr			gr
Foin de prairie. . .	255	402	Maïs.	Traces.	"
Trèfle fané.	261	407	Fèves de marais. . .	35gr	75
Luzerne fanée.	"	169	Pois.	5	14
Pois coupés en fleur	"	280	Haricots	6	"
Paille de colza.	"	700	Chènevis.	"	5
Paille de froment. .	53	50	Graine de lin.	"	69
Paille d'orge	"	120	Glands.	"	3
Paille d'avoine.	220	8	Pommes de terre. .	43	"
Paille de seigle.	"	30	Betteraves.	66	"
Froment.	0	0	Navets.	28	"
Avoine.	11	"	Topinambours. . . .	33	"
Seigle.	"	0	Pissenlit, en vert. .	"	170
Orge	"	0	Choux.	40	35

On voit, en consultant ce tableau, qu'une tête de bétail consommant par jour 20 kilogrammes de foin prendrait avec cet aliment 51 grammes de sel marin, et qu'elle n'en recevrait plus que 21 grammes si cette ration était remplacée par 50 kilogrammes de pommes de terre. Dans 12 kilogrammes d'avoine, équivalent nutritif de 20 kilo-

grammes de foin, il n'y aurait plus que 1 gramme de chlorure de sodium ; et la proportion de ce sel deviendrait peut-être inappréciable, si la ration se composait uniquement de seigle ou de maïs.

Il resterait à examiner si le sel marin ne se borne pas à introduire de la soude dans l'organisme et s'il exerce une action spéciale sur le phénomène de la digestion. On sait, par exemple, qu'on peut nourrir pendant plusieurs années des granivores avec du chènevis et du maïs, graines dans les cendres desquelles on rencontre à peine des traces de chlorure de sodium ; mais on sait aussi qu'il est utile d'ajouter du sel marin à ces aliments, quand on les donne à très-fortes doses dans le but de provoquer un engraissement rapide.

Aliments donnés à discrétion.

L'expérience a été continuée sans rien changer aux dispositions adoptées, avec cette seule différence, que les deux lots de jeunes taureaux ont été nourris à discrétion, et qu'une partie de la ration a été donnée en betteraves. Chaque jour, on distribuait à chaque lot une quantité de nourriture supérieure à celle qu'il pouvait consommer, et, le jour suivant, au moment de distribuer la nouvelle ration, on pesait ce qui était resté dans les crèches, afin de constater la consommation réelle.

Le lot formé des pièces A, B, C a continué à recevoir par jour 102 grammes de sel.

Le 13 novembre 1846, au matin, lors de la conclusion de la première observation, les pesées ont indiqué :

Pour le lot n° 1 qui avait reçu du sel :

A.	165 kg
B.......	158
C...............	157
	480

Pour le lot n° 2 qui n'avait pas reçu de sel :

A'..............	146 kg
B'...	154
C'..............	152
	452

Cette deuxième observation, commencée le 13 novembre 1846, a été terminée le 11 mars 1847, au matin.

Dans les cent dix-sept jours écoulés entre ces deux époques, les lots ont consommé les quantités suivantes de fourrage :

Par le lot n° 1 ayant du sel :

Foin..................................	792 kg
Regain................................	940
Betteraves, 1250kg = foin	312
Consommation exprimée en foin et regain.....	2044
Sel consommé..........................	12

Par le lot n° 2 n'ayant pas de sel :

Foin..................................	753
Regain................................	870
Betteraves, 1160kg = foin	290
Consommation exprimée en foin et regain.....	1913

Comme il est arrivé dans la première observation, le lot n° 1, au régime du sel, a bu beaucoup plus que le lot n° 2.

En moyenne :

Le lot n° 1 a bu par jour 54 litres d'eau ;
Le lot n° 2 » 31 litres d'eau.

Cette détermination, comme toutes les autres pesées, ont été faites par M. Le Bel, pendant mon absence de la ferme.

Les pesées exécutées le 11 mars 1847, au matin, ont donné :

Lot n° 1, ayant consommé 12 kilogrammes de sel :

	Pesée du 13 novembre.	Pesée du 11 mars.		
A.......	165 kg	210 kg	Gain en 117 jours.	45 kg
B.......	158	200	»	42
C.......	157	208	»	51
	480	618		138

Lot n° 2, qui n'a pas eu de sel :

	Pesée du 13 novembre.	Pesée du 11 mars.		
A'......	146 kg	171 kg	Gain en 117 jours.	25 kg
B'......	154	214	»	60
C'......	152	205	»	53
	452	590		138

Les poids moyens des lots étant :

Pour le lot n° 1, 549kg, et le foin consommé par jour, 17kg,47,
Pour le lot n° 2, 521kg, et le foin consommé par jour, 16,35,

il s'ensuit que 100 kilogrammes de poids vivant ont pris, pour se rationner :

Dans le n° 1 ayant du sel........ 3kg,2,
Dans le n° 2 n'ayant pas de sel.... 3,1.

On voit que cette consommation de fourrage donné à discrétion ne diffère pas considérablement de la ration normale distribuée à raison de 3 kilogrammes de foin pour 100 kilogrammes de poids vivant. Ce résultat ne s'éloigne d'ailleurs que très-peu de celui que nous avons constaté il y a quelques années, dans une circonstance où des veaux mangeaient à discrétion.

En résumé, dans cette deuxième observation, on trouve que

Le lot n° 1, ayant du sel, en consommant 100^{kg} de fourrage, a produit, de poids vivant........ ...	kg	[illegible]
Le lot n° 2, sans recevoir de sel, en consommant 100^{kg} de fourrage, a produit, de poids vivant ...		[illegible]

On peut donc en conclure que le sel ajouté à la ration administrée à discrétion n'a pas eu d'effet appréciable sur le développement des jeunes taureaux : ce résultat, au reste, n'a rien de surprenant, en admettant même l'efficacité du sel dans l'alimentation, puisqu'en recherchant, d'après l'analyse des cendres, ce que la nourriture consommée dans un jour renfermait de sel, on trouve que la ration était formée en moyenne, pour chaque tête :

	gr
De foin et regain 4^{kg},78, contenant sel marin..	12
De betteraves 3^{kg},43, contenant sel marin.....	3
Dans 10 litres d'eau, contenant sel marin......	1
	16

Ainsi chaque individu des lot prenait avec son fourrage 16 grammes de sel marin par jour.

A partir du 11 mars, les lots ont reçu la ration de l'étable, calculée à raison de 2^{kg},5 de foin pour 100 kilogrammes de poids vivant. On a pesé le 31 juillet :

Lot n° 1 (ayant du sel) :

	Pesée du 11 mars.	Pesée du 31 juillet.	Gain.
	kg	kg	kg
A..........	210	280	70
B..........	200	254	54
C............	208	279	71
	618	813	195

En 142 jours, le lot n° 1 a consommé l'équivalent de

2294 kilogrammes de foin qui ont produit 195 kilogrammes de poids vif, soit 8^{kg},50 pour 100 kilogrammes de foin.

Lot n° 2 (sans sel) :

	Pesée du 11 mars.	Pesée du 31 juillet.	Gain.
	kg	kg	kg
A'..........	171	220	49
B'...........	214	267	53
C'..........	205	237	32
	590	724	134

Le foin consommé a été 2171 kilogrammes; 100 kilogrammes de ce fourrage ont donné 6^{kg},17 de poids vif.

D'après ces pesées, c'est le fourrage donné avec du sel qui a produit plus de poids vivant.

Après le 31 juillet, la ration de foin a été portée à 3 pour 100 du poids des animaux, et les lots pesés le 1er octobre :

Lot n° 1 (ayant du sel) :

	Pesée du 31 juillet.	Pesée du 1er octobre.	Gain.
	kg	kg	kg
A............	280	300	20
B..........	254	278	24
C...........	279	295	16
	813	873	60

Pour augmenter de 60 kilogrammes, ce lot a consommé 1427 kilogrammes de foin, c'est-à-dire que 100 kilogrammes de fourrage ont donné seulement 4^{kg},20 de poids vif.

Lot n° 2 (sans sel) :

	Pesée du 31 juillet.	Pesée du 1er octobre.		Gain.
	kg	kg		kg
A'............	220	237		17
B'............	267	256	(perte)	» 11 kg
C'............	237	269		32
	724	762		38

Le foin consommé par le lot n° 2 étant 1075 kilo-

grammes, il s'ensuit que le poids vif produit par 100 kilogrammes de fourrage n'a pas dépassé $3^{kg},52$. Mais ce nombre est évidemment trop faible, parce que pendant l'observation il est survenu un incident qui mérite d'être signalé. Le taureau B' (Alix), appartenant au lot n° 2, a été atteint d'une affection intestinale; assez grave à son début, elle a cédé à des injections émollientes, à l'usage du gingembre et de boissons mucilagineuses; ce traitement a exigé une diète, durant laquelle le poids du taureau a baissé rapidement de 40 kilogrammes. Lorsque la maladie s'est déclarée, l'étable renfermait soixante têtes de bétail; depuis plus d'une année l'état sanitaire était excellent, et il est remarquable que l'unique affection intestinale ait précisément atteint l'un des trois animaux qui ne participaient pas à la distribution quotidienne de sel. En éliminant des pesées le poids du taureau B', on trouve que A' et C' ont gagné 49 kilogrammes en consommant 617 kilogrammes de foin, ou $7^{kg},94$ pour 100 de fourrage. Ainsi, d'après les pesées du 1er octobre, l'assimilation la plus forte aurait eu lieu dans le lot rationné sans sel.

A compter du 1er octobre, on profita des belles pousses de trèfle de l'arrière-saison pour mettre graduellement la totalité de l'étable au régime du *vert*. Les dernières pesées furent faites le 31 octobre.

Lot n° 1 (avec sel).

	Pesée du 1er octobre.	Pesée du 31 octobre	Gain.
	kg	kg	kg
A.........	300	330	30
B.........	278	298	20
C.........	295	322	27
	873	950	77

Dans le mois d'octobre, le lot n° 1 a consommé :

		kg
Regain de foin......................		150
Trèfle vert... 2400^{kg}	= Trèfle fané.....	672
	Fourrage sec........	822

100 kilogrammes de fourrage sec ont produit, par conséquent, $9^{kg},37$ de poids vif.

Lot n° 2 (sans sel) :

	Pesée du 1er octobre.	Pesée du 31 octobre.	Gain.
	kg	kg	kg
A'........	237	266	29
B'........	256	298	42
C'........	269	291	22
	762	855	93

Consommé :	Regain..................	150
Trèfle vert...	2160^{kg}. = Trèfle sec.....	605
	Fourrage sec............	755

On a, pour l'accroissement de poids correspondant à une consommation de 100 kilogrammes de trèfle sec et regain, $15^{kg},45$. Cette assimilation extraordinaire vient de ce que le taureau C' a récupéré, et au delà, le poids qu'il avait perdu pendant sa maladie ; en ne faisant pas intervenir C' dans la pesée, on a $10^{kg},14$, pour le poids vivant obtenu par la consommation de 100 kilogrammes de fourrage sec.

Ces recherches, comme celles qui les ont précédées, montrent que le sel est loin d'exercer sur le développement du bétail, sur la production de la chair, l'influence qu'on est généralement porté à lui attribuer ; et les variations dans les résultats obtenus indiquent assez que cette influence peut être assez faible pour qu'il devienne difficile de la constater par des expériences d'une courte durée. En effet, c'est en confondant en une seule observation toutes les observations partielles que l'on voit se manifester la faible action que le sel semble exercer dans l'alimentation du bétail en voie de croissance. L'ensemble de ces recherches comprend alors un intervalle de treize mois, et le résultat obtenu se résume dans les nombres suivants :

Lot n° 1 ayant reçu du sel :

Poids initial.	Poids final.	Gain en 13 mois.	Foin consommé.	Poids vif produit par 100^{kg} de foin.
434^{kg}	950^{kg}	516^{kg}	7178^{kg}	7,19^{kg}

Lot n° 2 n'ayant pas eu de sel :

407^{kg}	855^{kg}	452^{kg}	6615^{kg}	6,83^{kg}

Ainsi, la ration diurne moyenne du lot n° 1, 18^{kg},2 de foin, a produit par jour 1^{kg},309 de poids vif.

Sans l'addition des 102 grammes de sel, cette même ration eût produit 1^{kg},243. L'excès de viande sur pied, attribuable à l'intervention de 102 grammes de chlorure de sodium, est donc de 66 grammes, quantité bien minime, et qui ne compense même pas la valeur du sel marin employé.

Si le sel ajouté à la ration a eu un effet peu prononcé sur la croissance du bétail, il paraît avoir exercé une action favorable sur l'aspect, sur les qualités des animaux. Jusqu'à la fin de mars, les lots ne présentaient pas encore de différence bien marquée dans leur aspect ; ce fut dans le courant d'avril que cette différence commença à devenir manifeste, même pour un œil peu exercé. Il y avait alors six mois que le lot n° 2 ne recevait pas de sel. Chez les animaux des deux lots, le maniement indiquait bien une peau fine, moelleuse, s'étirant et se détachant des côtes ; mais le poil, terne et rebroussé sur les taureaux n° 2, était luisant et lisse sur les taureaux du n° 1. A mesure que l'expérience se prolongeait, ces caractères devenaient plus tranchés : ainsi, au commencement d'octobre, le lot n° 2, après avoir été privé de sel pendant une année, présentait un poil ébouriffé, laissant apercevoir çà et là des places où la peau se trouvait entièrement mise à nu. Les taureaux du lot n° 1 conservaient, au contraire, l'aspect des animaux de l'étable ; leur vivacité et les fréquents indices du besoin de saillir qu'ils manifestaient contrastaient avec l'allure

lente et la froideur de tempérament qu'on remarquait chez le lot n° 2. Nul doute que, sur le marché, on eût obtenu un prix plus avantageux des taureaux élevés sous l'influence du sel.

On conçoit tout l'intérêt qu'il y aurait eu à prolonger ces observations, afin de constater jusque dans ses dernières conséquences les effets que peut occasionner la privation de sel. Malheureusement, par une circonstance particulière, les observations n'auraient plus été comparables. En voici la raison : sur les six taureaux soumis à l'expérience depuis un an, il y en avait trois qui, n'ayant pas offert dans leurs formes les qualités recherchées dans un bon reproducteur, ont dû subir la castration.

Engraissement des moutons.

M. Dailly, membre de la Société royale d'Agriculture, a communiqué à l'Académie des Sciences le résultat d'une expérience faite pour rechercher si le sel favorisait l'engraissement des moutons.

Vingt moutons destinés à être engraissés ont été divisés en deux lots, qui ont eu, à discrétion, du regain de luzerne, du foin de basse qualité, de la balle de froment, de la pulpe de pommes de terre, résidu de la fabrication de la fécule, de petites quantités de son et de tourteaux de colza.

L'engraissement, commencé le 18 décembre 1846, a été continué pendant quatre-vingt-sept jours. Un des lots, le n° 1, recevait par jour 256 grammes de sel, soit 25 grammes pour chaque tête.

Les aliments consommés ont été :

	Par le n° 1 ayant du sel.	Par le n° 2 n'ayant pas de sel.
	kg	kg
Regain de luzerne......	500,25	496,25
Foin................	148,25	144,25
Balle................	260,50	256,85

	Par le n° 1 ayant du sel.	Par le n° 2 n'ayant pas de sel.
	kg	kg
Son	11,00	11,00
Tourteau	8,00	8,00
Pulpe	3724,00	3605,60
Sel marin	21,75	0,00
Eau bue	533 litres.	256 litres.

Poids des lots.

		kg
Lot n° 1 (sel)	Avant l'engraissement.	480,0
	Après l'engraissement.	564,0
	Gain pendant l'engraissement.	84,0
Lot n° 2 (pas de sel)...	Avant l'engraissement.	505,0
	Après l'engraissement.	581,5
	Gain pendant l'engraissement.	76,5

La différence 8^{kg}, 50 en faveur du lot au régime salé est si faible, qu'elle peut dépendre uniquement des erreurs de pesées ; dans tous les cas, elle est loin de compenser la valeur du sel consommé par le lot n° 1. Aussi, en traduisant les résultats en argent, M. Dailly trouva que le lot n° 1 a produit un bénéfice de 41^{fr},47, et le lot n° 2 un bénéfice de 51^{fr},37.

A la boucherie, il a été fourni pour 100 :

Par le lot n° 1, chair nette....	48,13	Suif...	5,10
Par le lot n° 2, chair nette....	47,54	Suif...	4,90

On n'a pas remarqué de différence dans la qualité de la viande.

J'ai recherché la quantité de sel contenue dans les divers aliments consommés. Ces fourrages avaient été récoltés dans la ferme de Trappes, près Versailles.

ALIMENTS.	CENDRES dans 100 d'aliments.	CHLORURE de SODIUM dans 100 de cendres.	SEL MARIN dans 100 kilogrammes d'aliments.
Regain de luzerne........	6,7	2,30	154 gr
Foin	6,6	1,64	108
Balle..................	9,3	1,50	104
Son....................	6,4	0,00	"
Tourteau................	7,1	0,00	"
Pulpe de pomme de terre...	0,9	1,50	14
Dans 100 litres d'eau......	....	....	8

On a pour le sel contenu dans la ration du n° 2 :

	Ration par jour.	Sel marin.
Regain de luzerne......	5,70 kg	8,78 gr
Foin................	1,66	1,79
Balle................	2,95	4,13
Son................	0,13	0,00
Tourteau............	0,09	0,00
Pulpe.............	41,44	5,08
Eau................	3 litres.	0,24
Total du sel dans la ration........		20,02

Chaque individu du lot, pesant en moyenne 54kg,35, trouvait donc dans sa ration environ 2 grammes de sel marin.

SUR

L'INFLUENCE QUE LE SEL,

AJOUTÉ A LA RATION DES VACHES,

EXERCE SUR LA PRODUCTION DU LAIT.

La vache sur laquelle ces observations ont été faites est le n° 18 de l'étable; on la considère comme bonne laitière. Le 1er mars 1847, elle a fait deux veaux, et a été saillie le 21 mai. A partir du 29 avril, on l'a rationnée avec du foin donné à discrétion; les pesées de fourrages et le jaugeage du lait ont été exécutés sous la surveillance de M. Le Bel. Dans cette première série, la vache n'a pas reçu de sel.

Dates.		Foin consommé.	Lait rendu. Matin.	Soir.	Total.
		kg	lit	lit	lit
Avril...	29	10	4,0	4,2	8,2
	30	20	4,1	4,3	8,4
Mai....	1	20	3,7	3,6	7,3
	2	20	3,8	3,8	7,6
	3	20	4,0	3,5	7,5
	4	20	4,0	4,0	8,0
	5	20	3,7	4,2	7,9
	6	20	3,8	3,6	7,4
	7	20	3,8	3,9	7,7
	8	20	4,3	3,8	8,1
	9	20	4,6	4,1	8,7
	10	20	4,0	4,3	8,3
	11	20	4,4	4,5	8,9
	12	20	4,4	4,4	8,8
A reporter	14	270	56,6	52,2	112,8

Dates.		Foin consommé.	Lait rendu. Matin.	Soir.	Total.
		kg	lit	lit	lit
Report..	14	270	56,6	52,2	112,8
	13	20	3,8	4,0	7,8
	14	20	3,5	4,5	8,0
	15	20	3,5	3,5	7,0
	16	20	4,0	3,5	7,5
	17	20	4,0	3,0	7,0
	18	21	4,0	3,5	7,5
	19	20	4,2	4,2	8,4
Jours...	21	411	83,6	82,4	166,0

Avec ce régime,

Le foin consommé par jour a été...... $19^{kg},57$

Le lait obtenu par jour a été.......... 7,90

100 kilogrammes de foin ont produit $40^{lit},39$ de lait. Le poids de la vache s'est maintenu à 493 kilogrammes.

A partir du 20 mai, à la ration de foin donnée à discrétion on a ajouté, par jour, 60 grammes de sel.

Dates.		Foin consommé.	Lait rendu. Matin.	Soir.	Total.
		kg	lit	lit	lit
Mai....	20	22	3,9	3,6	7,5
	21	20	3,6	4,6	8,2
	22	20	3,8	3,5	7,3
	23	20	3,6	4,1	7,7
	24	20	3,6	3,5	7,1
	25	18	3,8	3,9	7,7
	26	20	3,5	3,5	7,0
	27	20	3,5	4,0	7,5
	28	20	3,5	4,5	8,0
	29	20	4,5	4,9	9,4
	30	20	4,0	4,3	8,3
	31	20	3,8	3,8	7,6
A reporter	12	240	45,1	48,2	93,3

Dates.		Foin consommé.	Lait rendu. Matin.	Soir.	Total.
		kil	lit	lit	lit
Report..	12	240	45,1	48,2	93,3
Juin . . .	1	20	3,3	3,5	6,8
	2	18	3,9	4,6	8,5
	3	20	3,7	4,0	7,7
	4	20	4,4	5,0	9,4
	5	20	4,4	4,1	8,5
	6	20	4,0	4,1	8,1
	7	18	3,4	4,0	7,4
	8	20	3,9	3,9	7,8
	9	20	3,2	3,5	6,7
	10	20	4,0	4,5	8,5
	11	22	4,5	4,0	8,5
	12	18	4,1	4,3	8,4
	13	20	4,0	4,2	8,2
	14	20	4,0	4,5	8,5
	15	20	3,5	4,9	8,4
Jours..	27	536	103,4	111,2	214,6

Avec la ration additionnée de sel, les résultats ont été :

Foin consommé par jour.........	19kg,85
Lait obtenu par jour............	7,93

100 kilogrammes de foin ont produit 40lit,04 de lait. Le poids de la vache, à la fin de l'expérience, était de 498 kilogrammes.

Dans cette expérience, l'influence du sel a donc été nulle, tant sur la production du lait que sur la consommation du fourrage.

Dans une autre expérience, une vache laitière, *Juno*, a reçu du foin à discrétion. Durant la première série, on n'a pas donné de sel; durant la seconde série, la vache a reçu, par jour, 100 grammes de sel : c'est une dose très-forte, à laquelle dans la pratique on n'arrive jamais.

Le lait a été mesuré matin et soir. On a remarqué chez

la vache des signes de chaleur les jours où elle ne consommait pas sa ration ordinaire de foin, pesant, d'après le poids vivant, à peu près 10 kilogrammes.

Dates.		Foin consommé.	Lait rendu. Matin.	Soir.	Total.
		kg	lit	lit	lit
Février.	20	7,0	3,3	2,9	6,2
	21	10,0	2,6	3,0	5,6
	22	10,0	3,4	2,8	6,2
	23	13,0	3,3	3,1	6,4
	24	10,0	3,6	2,8	6,4
	25	8,0	3,2	2,2	5,4
	26	10,0	3,1	2,7	5,8
	27	10,0	3,5	2,6	6,1
	28	12,0	3,2	2,5	5,7
Mars...	1	10,0	2,5	2,5	5,0
	2	9,0	3,2	2,9	6,1
	3	10,0	3,1	2,5	5,6
	4	14,0	3,3	2,7	6,0
	5	10,0	3,2	3,2	6,4

La vache recevant par jour 100 grammes de sel :

		kg	lit	lit	lit
Mars...	6	12,5	2,7	2,9	5,6
	7	12,5	3,1	2,5	5,6
	8	12,5	3,2	3,1	6,3
	9	12,5	3,8	2,0	5,8
	10	12,5	2,9	2,4	5,3
	11	5,0	2,8	2,1	4,9
	12	8,0	0,5	3,8	4,3
	13	12,5	2,1	2,0	4,1
	14	12,5	2,5	2,3	4,8
	15	10,0	2,9	2,5	5,4
	16	12,5	2,6	2,4	5,0
	17	12,5	2,6	2,5	5,1
	18	12,5	2,9	2,7	5,6
	19	12,5	2,9	2,2	5,1
	20	12,5	2,5	2,5	5,0
	21	12,5	2,6	2,6	5,2

Ces résultats sont loin de prouver que l'usage du sel favorise la sécrétion du lait. Nous voyons, en effet, qu'avec la nourriture sans addition de sel la vache a rendu par jour, en moyenne, $5^{lit},9$ de lait, et que sous l'influence du sel, avec une consommation d'aliments sensiblement plus forte, le rendement n'a plus été que de $5^{lit},2$. Dans le premier cas, 100 kilogrammes de foin ont produit 58 litres de lait; dans le second cas, avec le sel, 100 kilogrammes de fourrage ont donné 45 litres de lait. Le sel paraît avoir eu pour effet d'augmenter l'appétit de la vache. Ainsi, sans sel, l'animal nourri à discrétion a consommé, par vingt-quatre heures, $10^{kg},2$ de foin; sous l'influence du sel, la ration a été de $11^{kg},6$.

Le poids de la vache est resté sensiblement le même pendant la durée de l'observation. Elle a pesé,

Le 20 février................	422 kg
Le 6 mars..............	415
Le 21 mars.................	411

La légère perte accusée par ces pesées ne saurait être attribuée à l'usage du sel, puisqu'elle a commencé à se manifester après la nourriture donnée sans sel. La perte totale de 11 kilogrammes est d'ailleurs trop peu considérable pour qu'on puisse affirmer qu'elle n'est pas due aux variations de poids accidentelles, qui laissent toujours, dans de certaines limites, de l'incertitude sur les pesées des animaux.

EXPÉRIENCES

SUR

L'ALIMENTATION DES VACHES

AVEC DES BETTERAVES ET DES POMMES DE TERRE.

M. Playfair a publié quelques observations de nature à faire supposer que la matière butyreuse du lait peut avoir pour origine tout aussi bien le sucre et l'amidon que les substances analogues aux corps gras qui font généralement partie des fourrages. Au premier aperçu, ces observations semblent concluantes. Malheureusement, M. Playfair, pressé sans doute d'arriver à une conclusion, a exécuté ses recherches avec une telle activité, qu'en *quatre jours* il a essayé successivement *quatre régimes distincts* sur la lactation ; et, dans son empressement, l'auteur s'est contenté d'analyser le lait en négligeant la détermination des principes solubles dans l'éther, qui existaient dans les aliments consommés. C'est ainsi que M. Playfair admet, dans le foin, 1,50 pour 100 de matières grasses, lorsqu'il est avéré aujourd'hui que ce fourrage en contient généralement plus de 3 pour 100. Aussi, en assignant aux aliments employés la proportion de substances grasses qui s'y rencontre le plus habituellement, on trouve que, sur les quatre expériences, il y en a deux qui justifient l'opinion qui attribue l'origine de la graisse des animaux aux corps de nature grasse qui préexistent dans les végétaux alimentaires ; les deux autres expériences ont donné, tout au contraire, des résultats qui ne s'accordent plus avec cette manière de voir.

Dans ces deux expériences qui, ensemble, ont duré *qua-*

rante-huit heures, et pendant lesquelles la vache a reçu pour nourriture, dans un cas, du foin, des pommes de terre et des fèves, et, dans l'autre, du foin et des pommes de terre seulement, le beurre contenu dans le lait recueilli en un jour excédait de près de 300 grammes la matière grasse que l'on pouvait supposer dans les fourrages. Si ces deux observations sont exactes, et je n'élève pas l'ombre d'un doute sur leur exactitude, il semble effectivement qu'on doive en conclure que la plus grande partie du beurre a été formée avec l'amidon des tubercules qui entraient pour plus de 12 kilogrammes dans la ration diurne.

Je ne crois pas cependant qu'une observation de quarante-huit heures soit suffisante pour tirer, je ne dis pas une semblable conclusion, mais une conclusion quelconque quand il s'agit d'une question d'alimentation. En restreignant dans des limites trop étroites la durée des observations, on peut arriver aux conséquences les plus erronées. Par exemple, M. Playfair a fait consommer à une vache $6^{kg},3$ de foin et $13^{kg},6$ de pommes de terre, ration dans laquelle il entrait au plus 250 grammes de matières grasses, et l'on a obtenu $11^{kg},5$ de lait renfermant, d'après l'analyse, 540 grammes de beurre ; il y a eu par conséquent dans le lait 290 grammes de gras de plus qu'il ne s'en trouvait dans le fourrage. Mais l'intervalle de vingt-quatre heures est tellement court, que je suis persuadé que si l'on n'eût rien donné du tout à manger à la vache, que je suppose grasse et bien en chair, elle aurait encore rendu, malgré l'abstinence, 8 à 10 kilogrammes de lait contenant certainement 300 à 400 grammes de beurre. En conclurait-on que le beurre dérive de rien? Non, sans doute, et l'on admettrait, comme on l'admet dans les expériences sur l'inanition, que, dans cette circonstance, un animal forme les produits qu'il rend par la respiration et par les sécrétions, aux dépens de sa propre substance, en perdant de son poids.

A une époque où je n'attachais pas une bien grande importance à la présence des principes gras dans les fourrages, j'eus l'occasion de reconnaître l'effet défavorable que produit sur les vaches laitières une ration dans laquelle il entre une trop forte proportion de pommes de terre. Une vache, rationnée avec 38 kilogrammes de tubercules, et qui mangeait en outre de la paille hachée, continua à donner le lait qu'elle rendait sous le régime du foin ; le lait diminua graduellement, comme il arrive toujours à mesure que l'époque du part s'éloigne. Sous l'influence de cette nourriture, ne comportant pas assez de matières grasses, la vache souffrit notablement ; mais il fallut qu'il s'écoulât un certain temps pour s'apercevoir de l'amaigrissement qu'elle éprouvait. Si l'observation, qui s'est prolongée pendant onze jours, n'eût duré que vingt-quatre heures, le résultat fâcheux qu'on a constaté aurait sans doute passé inaperçu.

S'il était démontré que, dans l'alimentation des vaches, le sucre et l'amidon concourent directement à la production du beurre, et que, par conséquent, les racines et les tubercules peuvent être substitués sans inconvénient au foin, aux grains, aux tourteaux huileux, la pratique retirerait très-fréquemment de cette substitution des profits considérables. La question de l'influence d'un semblable régime sur la lactation ne saurait donc être trop examinée, et c'est en raison de son importance et en vue de son utilité que je me suis décidé à nourrir deux vaches uniquement avec des betteraves et des pommes de terre.

Les deux pièces mises en expérience se trouvaient dans des conditions assez semblables. Galatée, âgée de sept ans (n° 5 de l'étable), avait fait son veau quatre-vingt-seize jours avant le commencement des observations. Waldeburge (n° 8) avait vêlé depuis quarante jours : on venait de lui retirer son veau. Ces deux vaches étaient au régime

Les excréments solides des deux vaches, recueillis dans les dix-sept jours, ont pesé 261 kilogrammes.

Trois dessiccations faites à l'étuve y ont indiqué 15,9 pour 100 de matière sèche = excréments secs $41^{kg},5$. Cette matière sèche a cédé à l'éther 3,5 pour 100 de principes gras d'un vert pâle, très-fusible. J'admets dans la betterave, d'après des analyses antérieures :

Matières grasses..............	0,001
Azote........................	0,0021
Acide phosphorique...........	0,00046

Résumé de l'expérience faite avec la betterave.

		Matières grasses.	Caséum, Albumine.
	kg	kg	kg
Les deux vaches ont donné : lait.......	209,0	8,31	7,82
Excréments secs......................	41,5	1,45	
Matières grasses dans les produits.......	....	9,76	
Betteraves consommées............ ...	2,181	2,18	28,63
Matières grasses en excès dans les prod.	....	7,58	
	N° 8.	N° 8.	
Poids des vaches au commencement....	579	582	
Poids des vaches à la fin........... ..	534	540	
Perte en dix-sept jours...............	45	42	
Perte par jour........................	2,64	2,47	

On voit qu'au bout des dix-sept jours d'observations le poids vivant des deux vaches n'était plus que de 1074 kilogrammes. Comme, au commencement de l'expérience, ce poids était de 1161 kilogrammes, les vaches ont perdu 7,50 pour 100 de leur poids initial.

Après cette observation, les deux vaches se trouvaient en si mauvaise condition, que l'on jugea prudent de les remettre au regain de foin de prairie. Après les avoir lestées avec ce fourrage pendant quatre jours, on les soumit à l'expérience suivante :

Experience II. — *Nourriture au regain de foin.*

JOURS d'observations.	VACHE N° 2. EN VINGT-QUATRE HEURES. Regain consommé.	Lait rendu.	Poids de la vache	COMPOSITION DU LAIT.		
	kg	lit	kg			
1er jour.	14,0	4,0	545			
2e jour.	18,0	4,0	554			
3e jour.	15,0	4,0	557			
4e jour.	14,0	4,5	"	Caséum......	3,63	
5e jour.	15,0	4,0	"	Sucre de lait..	3,46	
6e jour.	17,5	4,0	"	Beurre.......	5,92	13,73
7e jour.	14,5	4,5	"	Chlorur. alcal.	0,45	
8e jour.	15,0	5,0	"	Phosphates...	0,27	
9e jour.	14,0	4,0	"	Eau..........	86,26	
10e jour.	15,0	5,0	"		100,00	
11e jour.	16,0	5,0	"			
12e jour.	16,0	4,0	"			
13e jour.	18,5	5,0	"			
14e jour.	14,0	4,0	574			
15e jour.	16,0	4,5	569			
Somme..	232,5	65,5				

JOURS d'observations.	VACHE N° 3. EN VINGT-QUATRE HEURES. Regain consommé.	Lait rendu.	Poids de la vache	COMPOSITION DU LAIT.		
	kg	lit	kg			
1er jour.	17,0	5,0	549			
2e jour.	14,0	6,0	567			
3e jour.	16,0	6,0	571			
4e jour.	15,5	6,5	"	Caséum......	3,56	
5e jour.	17,5	6,0	"	Sucre de lait..	3,94	
6e jour.	17,5	6,0	"	Beurre.......	4,39	12,61
7e jour.	15,0	5,5	"	Chlorur. alcal.	0,52	
8e jour.	15,0	6,0	"	Phosphates...	0,20	
9e jour.	15,0	6,0	"	Eau..........	87,39	
10e jour.	16,0	6,0	"		100,00	
11e jour.	17,0	6,0	"			
12e jour.	16,0	5,0	"			
13e jour.	17,0	6,0	"			
14e jour.	13,5	6,0	581			
15e jour.	17,5	7,0	587			
Somme..	239,5	89,0				

Les excréments humides des deux vaches ont pesé 362 kilogrammes.

Trois dessiccations faites à l'étuve ont indiqué 23,5 pour 100 de matière sèche = excréments secs 85 kilogrammes. L'éther a enlevé à cette matière 0,006 d'un principe gras très-fusible.

Plusieurs analyses que j'ai faites sur la pomme de terre, à l'occasion d'un travail sur l'alimentation du porc, me portent à admettre, dans le tubercule, 0,002 de matière grasse.

La pomme de terre contient en outre :

Azote..................................	0,0037
Acide phosphorique constituant des phosphates.	0,00109

Résumé de l'expérience faite avec les pommes de terre.

		Matières grasses.	Caseum, Albumine.
	kg	kg	kg
Les deux vaches ont donné : lait.......	128	5,61	5,30
Excréments secs......................	85	0,51	
Matières grasses dans les excréments....	....	6,16	
Pommes de terre consommées..........	1077	2,15	23,88
Matières grasses en excès dans les prod.	....	4,01	
	N° 8.	N° 8.	
Poids des vaches au commencement.....	537	536	
Poids des vaches à la fin..........	519	521	
Perte en quatorze jours................	18	15	
Perte par jour.........................	1,29	1,07	

Ainsi, en quatorze jours, le poids initial a diminué de 3 pour 100 ; c'est une diminution très-forte si l'on considère qu'elle a été supportée par des animaux dont le poids avait déjà considérablement baissé pendant les quelques jours qui ont précédé la première pesée. En effet, immé-

diatement après l'alimentation au regain, les vaches pesaient ensemble 1156 kilogrammes ; elles ne pesaient plus que 1073 kilogrammes après qu'elles eurent été *lestées* avec des pommes de terre ; elles avaient éprouvé une perte également forte en passant du régime normal au régime exclusif de la betterave. On peut d'ailleurs juger, par l'ensemble des pesées exécutées dans ces recherches, de l'état d'amaigrissement auquel sont arrivées les deux vaches laitières, par suite de l'alimentation aux racines et aux tubercules, et malgré le régime réparateur du regain qu'elles ont reçu dans l'intervalle des deux expériences extrêmes.

	Poids des deux vaches.
Pendant l'alimentation normale, huit jours avant la 1re expérience	kg 1,205
Après avoir été nourries pendant quelques jours (*lestées*) avec des betteraves	1,161
Après dix-sept jours de régime aux betteraves	1,074
Après avoir été *lestées* avec du regain de foin	1,114
Après quinze jours de nourriture au regain de foin	1,156
Après avoir été *lestées* avec des pommes de terre	1,073
Après quatorze jours d'alimentation aux pommes de terre	1,040
Différence extrême	165

On trouve, en définitive, que les deux vaches mises en expérience ont perdu, par tête, $82^{kg},5$, par suite des régimes aux betteraves et aux pommes de terre. Cette énorme perte explique suffisamment l'état de maigreur dans lequel sont tombés ces animaux, auxquels il a fallu un temps assez long pour se rétablir : le n° 5 n'a plus voulu recevoir le taureau ; cette vache a repris de l'embonpoint, mais son lait a diminué constamment jusqu'à disparaître entièrement. Waldeburge, le n° 8, a continué à donner du lait tout en prenant de la graisse ; elle a été saillie et a donné un veau.

Ainsi, à compter de la fin de l'expérience faite avec les pommes de terre, les vaches, mises d'abord au foin pendant quinze jours et au trèfle vert durant un mois, ont pesé :

N° 5... 575^{kg}, ayant rendu 4 litres de lait par jour.
N° 8... 578 5

Après deux mois de régime au trèfle :

N° 5... 610^{kg}, ayant rendu 2 litres de lait par jour.
N° 8... 590 6

Les deux vaches avaient repris leur poids initial.

Il résulte évidemment des faits exposés que les betteraves, ou les pommes de terre données seules, sont insuffisantes pour nourrir convenablement les vaches laitières, alors même que ces fourrages sont administrés avec abondance, on peut même dire à discrétion, puisque, très-souvent, les vaches ont laissé une partie de leur ration.

Une ration alimentaire peut être insuffisante par diverses causes : 1° si la nourriture ne contient pas une quantité de principes azotés capable de réparer les pertes des principes également azotés éliminés de l'organisme ; 2° si les matières digestibles ne renferment pas le carbone nécessaire pour remplacer celui qui est brûlé dans la respiration ou rendu avec les sécrétions ; 3° si les aliments ne sont pas assez chargés de sels, particulièrement de phosphates, pour restituer à l'économie ceux de ces principes salins qui en sont continuellement expulsés ; 4° enfin la ration sera insuffisante, si elle n'est pas assez riche en matières grasses pour suppléer, en partie du moins, à celles entraînées par le lait ou par les autres sécrétions.

Ces principes admis, il convient d'examiner si les régimes alimentaires auxquels les vaches ont été soumises dans le cours de ces recherches remplissaient les diverses conditions qui, par leur ensemble, constituent un aliment complet.

	POIDS des aliments ou des produits pour 24 heures.	PRINCIPES CONTENUS.			
		Carbone	Viande.	Acide phosphorique (*).	Matières grasses.
Nourriture aux betteraves.					
Une vache a rendu : lait.....	kil 6,15	gr 449	gr 230	gr 7	gr 246
Excréments secs (**).........	4,22	448	//	//	43
		937	230	7	289
Betteraves consommées.......	64,00	3358	830	29	64
Différences....... ...	....	+2421	+600	+22	—225
Nourriture aux pommes de terre.					
Une vache a rendu : lait.....	4,55	355	192	6	197
Excréments secs............	3,03	1212	//	//	18
		1567	192	6	215
Pommes de terre consommées.	38,46	4079	869	42	77
Différences...........	....	+2512	+677	+36	—138
Nourriture au regain.					
Une vache a rendu : lait.....	5,31	390	191	6	273
Excréments secs..	5,13	2052	//	//	169
		2442	191	6	442
Regain consommé...........	15,70	6122	1177	53	550
Différences...........	....	+3680	+986	+47	+108

(*) Acide phosphorique formant des phosphates de chaux, de magnésie, de fer et de potasse.
(**) D'après mes anciennes analyses, j'admets 0,40 de carbone.

On voit que les éléments considérés généralement comme

essentiels à la nutrition étaient abondamment représentés dans les régimes étudiés. On sait qu'une vache brûle, en vingt-quatre heures, par la respiration, 2 à 3 kilogrammes de carbone, en même temps qu'elle en émet 300 à 400 grammes par les urines. L'excès de carbone qu'on remarque constamment dans les aliments suffit évidemment pour subvenir aux pertes qui ont lieu par les voies que je viens d'indiquer. On reconnaît également que, dans les trois régimes, les substances azotées, les phosphates ont toujours été en grand excès par rapport aux mêmes principes existant dans le lait dosé. Cette quantité excédante a nécessairement passé dans les déjections. Ainsi, dans la nourriture reçue par les vaches, il y avait assez de sucre et d'amidon, assez de principes azotés, assez de substances salines pour suffire à la production de la chaleur animale, pour réparer toutes les pertes occasionnées par les sécrétions ; et cependant, sur les trois rations essayées, il en est deux, celle des racines et celle des tubercules, qui ont été réellement insuffisantes. Ce sont précisément les deux rations dans lesquelles la quantité de principes gras se trouvait de beaucoup inférieure à celle qui faisait partie du lait et des déjections.

Les faits exposés dans ce travail recevront, sans doute, diverses explications. Cependant je crois que leur interprétation la plus naturelle, celle, du moins, qui s'accorde le mieux avec l'ensemble des résultats pratiques que j'ai eu l'occasion d'enregistrer, consiste à admettre que les aliments des herbivores doivent toujours renfermer une dose déterminée de substances analogues à la graisse, destinées à concourir à la production du gras des tissus, ou à la formation de plusieurs sécrétions contenant, comme le lait et la bile, des matières grasses en proportion notable. Chaque jour, peut-être, pendant un temps limité, une vache recevant un aliment insuffisant sous le rapport de certains éléments utiles rendra le même nombre de litres

de lait ; il n'y aura pas diminution subite ; mais chaque jour aussi, comme je l'ai constaté, la vache perdra 1 à 2 kilogrammes de son poids ; et, si l'on persiste à lui donner une nourriture incomplète, quelque abondante que soit d'ailleurs cette nourriture, l'amaigrissement qui en sera la conséquence pourra devenir tel, que l'existence de la vache en soit sérieusement compromise.

SUR LA

FACULTÉ NUTRITIVE DES FOURRAGES

AVANT ET APRÈS LE FANAGE.

On admet généralement que les fourrages consommés en *vert* sont plus nourrissants qu'alors qu'ils ont été fanés; en d'autres termes, on croit que 100 kilogrammes de trèfle, de luzerne, d'herbe de prairie ont une valeur nutritive plus élevée que le foin provenant de 100 kilogrammes de chacun de ces aliments. Deux bons observateurs, MM. Perrault de Jotemps, ont reconnu qu'il faut $1^{kg},50$ de foin, de trèfle ou de luzerne, pour remplacer 4 kilogrammes des mêmes fourrages verts dans la nourriture des béliers ; sous l'influence de l'une ou l'autre de ces rations, il y a un développement satisfaisant de chair et de laine. D'un autre côté, ces cultivateurs ont constaté par leur pratique que, dans le fanage, en y comprenant la fermentation dans le fénil et toutes les pertes accidentelles, 100 kilogrammes de trèfle ou de luzerne se réduisent, en moyenne, à 23 kilogrammes de foin. Avec ces données, on arrive, en effet, à cette conséquence, qu'en rationnant un bélier avec $1^{kg},50$ de luzerne sèche on administre précisément, sous le rapport de la valeur nutritive, l'équivalent de $6^{kg},52$ de luzerne verte, c'est-à-dire $2^{kg},50$ de nourriture verte de plus que celle jugée nécessaire quand la ration se compose de la plante non fanée, et que s'il faut, comme aliment, 100 kilogrammes de trèfle ou de luzerne récemment fauchés, il faudra, pour nourrir au même degré, le foin provenant de 163 kilogrammes des mêmes fourrages.

On comprend aisément que ce mode de procéder est trop

indirect pour résoudre convenablement la question que nous avons en vue. La discussion présentée par MM. Perrault de Jotemps se borne à prouver, ce que personne ne conteste, que la manière la plus avantageuse d'utiliser les produits de la prairie artificielle est de les faire consommer autant que possible en vert, afin d'échapper aux frais, aux pertes, en un mot à toutes les éventualités qu'entraîne toujours le fanage. Mais cette discussion n'établit nullement que la faculté nutritive des fourrages verts soit amoindrie par le seul fait de leur transformation en fourrages verts ; elle laisse intacte la question physiologique. Depuis plusieurs années j'ai fait diverses tentatives pour la résoudre. Dans ce but, j'ai suivi avec le plus grand soin l'influence que des substitutions alternatives d'aliments verts et d'aliments secs pouvaient exercer sur le poids de trente-deux chevaux sur lesquels portaient mes recherches. Les résultats ont été tantôt à l'avantage, tantôt au désavantage du régime vert, et, après de très-nombreuses pesées, je me suis trouvé tout aussi peu avancé que je l'étais en commençant mes expériences.

Ces résultats contradictoires s'expliquent par l'imperfection de la méthode que j'avais adoptée. Il est évident que les foins avec lesquels on rationnait les chevaux, ayant été obtenus l'année antérieure, ne répondaient pas toujours, sous le rapport de la qualité, à celui qu'aurait fourni le trèfle vert auquel on les comparait ; et, pour ce dernier fourrage, il existait constamment une grande incertitude sur le poids réel de la ration employée, à cause de la plus ou moins forte proportion d'eau qu'il pouvait retenir. Des essais faits sur le fanage du trèfle montrent effectivement combien cette proportion varie suivant l'âge de la plante, la nature du terrain, et surtout selon les conditions météorologiques pendant lesquelles les coupes ont eu lieu. On en jugera par quelques exemples pris sur des soles de deuxième année.

			k:
17 mai.	1re coupe avant la floraison : 1000 kil. ont donné, foin,		212
3 juin.	1re coupe, en fleur :	Id.	288
5 juin (autre localité).	1re coupe, en fleur :	Id.	3[illegible]5
28 juillet.	2e coupe, en fleur :	Id.	2[illegible]0
Août.	2e coupe, très-avancé en fleur, très-ligneux :	Id.	360

Ajoutons encore que, pendant le fanage, le trèfle subit une perte assez forte par les feuilles, les fleurs qui se détachent et qu'on ne recueille pas lors du bottelage; cette perte porte précisément sur les parties les plus substantielles.

Pour parer aux causes d'erreur que je viens de signaler, afin d'obtenir des résultats comparables, j'ai disposé l'expérience de tel mode que le fourrage sec consommé représentât rigoureusement celui que donnerait le fourrage vert employé comparativement; mais, comme il est alors nécessaire de faner continuellement, opération embarrassante quand on agit sur une masse considérable de trèfle, je mis en observation un seul animal, une génisse âgée d'environ dix mois.

La génisse était pesée à jeun. On lui donnait une ration de fourrage vert un peu moins forte que celle qu'elle consommait habituellement, afin que la nourriture fût prise en totalité dans les vingt-quatre heures; puis, au moment où la ration verte était placée dans la crèche, on en prenait une autre exactement semblable en poids et en nature, que l'on fanait immédiatement en s'entourant de toutes les précautions convenables pour empêcher la déperdition des parties détachées de la plante pendant la dessiccation; cette ration fanée était conservée dans un sac portant le n° 1. Le deuxième jour, on agissait de la même manière, réservant encore pour le fanage une quantité de fourrage exactement pareille à celle qui devait être mangée en vert, et cette ration sèche était resserrée sous le n° 2, et ainsi de suite.

La génisse restait au vert pendant dix jours. Le onzième jour au matin, on la pesait, et alors commençait l'alimentation au fourrage sec. On livrait successivement à la consommation les foins tenus en réserve dans les sacs n° 1, n° 2, n° 3, etc.; de sorte que, durant les dix autres jours, la génisse prenait précisément la même dose et la même qualité d'aliments qu'elle avait reçus dans les dix jours précédents ; il n'y avait d'autre différence, dans les deux régimes, que celle provenant de la présence ou de l'absence de l'eau de végétation. A la fin de l'alimentation sèche, l'animal était pesé. On voit que l'expérience se prolongeait pendant vingt jours.

Première série.

JOURS d'observations.	TRÈFLE vert consommé.		JOURS d'observations.	N°s D'ORDRE du fourrage.	TRÈFLE fané consommé.
	kg				kg
1er jour....	32,5	La génisse pèse 270 kil.	11e jour....	1	7,25
2e jour....	27,5		12e jour....	2	6,82
3e jour....	20,0		13e jour....	3	7,40
4e jour....	25,0		14e jour....	4	9,83
5e jour....	24,0		15e jour....	5	7,91
6e jour....	22,5		16e jour....	6	7,46
7e jour....	20,0		17e jour....	7	7,53
8e jour....	20,0		18e jour....	8	5,52
9e jour....	22,5		19e jour....	9	6,39
10e jour....	22,0		20e jour....	10	6,31
En dix jours.	236,0		En dix jours...		72,42

Le 11e jour, à jeun, la génisse a pesé 267 kilogrammes. Le 21e jour, à jeun, la génisse a pesé 272 kilogrammes.

Deuxième série. — **Dans l'intervalle de la première à la deuxième série, la génisse a été nourrie à discrétion.**

JOURS d'observations.	TRÈFLE vert consommé.		JOURS d'observations.	N°s D'ORDRE du fourrage.	TRÈFLE sec consommé.
	kg				kg
1er jour....	22,5	La génisse a pesé 306 kil.	11e jour....	1	[illegible]
2e jour....	25,0		12e jour....	2	5,89
3e jour....	27,5		13e jour....	3	6,73
4e jour....	26,0		14e jour....	4	6,48
5e jour....	25,0		15e jour....	5	5,70
6e jour....	25,0		16e jour....	6	7,91
7e jour....	24,0		17e jour....	7	7,12
8e jour....	30,0		18e jour....	8	8,53
9e jour....	27,5		19e jour....	9	8,69
10e jour....	25,0		20e jour....	10	8,60
En dix jours.	257,5		En dix jours...		74,63

Le 11e jour, la génisse a pesé 301 kilogrammes. Le 21e jour, à jeun, la génisse a pesé 308 kilogrammes.

Troisième série. — **Regain de foin de prairie.**

JOURS d'observations.	REGAIN consommé.		JOURS d'observations.	N°s D'ORDRE du fourrage.	REGAIN sec consommé.
	kg				kg
1er jour....	41,0	La génisse a pesé 329 kil.	11e jour....	1	8,78
2e jour....	41,0		12e jour....	2	6,89
3e jour....	40,0		13e jour....	3	8,16
4e jour....	40,0		14e jour....	4	7,83
5e jour....	41,0		15e jour....	5	10,78
6e jour....	42,0		16e jour....	6	9,13
7e jour....	43,0		17e jour....	7	8,92
8e jour....	41,5		18e jour....	8	8,07
9e jour....	42,0		19e jour....	9	9,05
10e jour....	42,5		20e jour....	10	10,13
En dix jours	414,0		En dix jours...		87,70

Le 11e jour, la génisse a pesé 333 kilogrammes. Le 21e jour, à jeun, la génisse a pesé 343kg,5.

Résumé des observations.

Première série.

Poids initial de la génisse..........	270^{kg}
Après le régime vert............	267
Perte occasionnée par le régime vert..	3
Après le régime du même fourrage fané.	272
Gain occasionné par le régime sec....	5

Deuxième série.

Poids initial de la génisse...........	306
Après le régime vert.............	301
Perte occasionnée par le régime vert..	5
Après le régime du même fourrage fané.	308
Gain occasionné par le régime sec....	7

Troisième série.

Poids initial de la génisse...........	329
Après le régime vert.............	333
Gain occasionné par le régime vert...	5
Après le régime du même fourrage sec.	343,5
Gain occasionné par le régime sec....	10,5

Avant de tirer une conclusion, il importait de savoir quelle était l'étendue des variations accidentelles dans le poids de l'animal mis en observation. Plusieurs pesées consécutives, faites chaque jour et à la même heure, ont montré que la plus grande différence atteignait 6 kilogrammes. Ainsi une différence de cet ordre ne saurait être sûrement attribuée à l'influence de l'alimentation, puisqu'elle est comprise dans la limite des variations de poids accidentelles.

On remarquera que les gains constatés à la suite de la substitution de la ration sèche à la ration verte ont été 5, 7 kilogrammes et 10^{kg},5, résultats de nature à faire pré-

sumer qu'une même quantité de fourrage nourrit plus quand elle a été fanée ; mais, en présence d'expériences aussi peu nombreuses, il serait prématuré de tirer une semblable conclusion. Ce que ces expériences semblent établir avec quelque certitude, c'est qu'un poids donné de fourrage sec ne nourrit pas moins le bétail que la quantité de fourrage vert qui l'a fourni.



DE
L'EMPLOI DES FOURRAGES TREMPÉS
DANS L'ALIMENTATION DU BÉTAIL.

Certains éleveurs sont dans l'usage de faire tremper les fourrages secs destinés au bétail ; dans l'opinion de ces praticiens, le foin, le trèfle acquièrent, par l'imbibition, des propriétés nutritives plus prononcées. 25 kilogrammes de trèfle fané absorbent assez d'eau pour peser 100 kilogrammes après une infusion de douze heures. On pourrait croire, mais il n'en est rien, que, par l'humectation, ce fourrage sec se reconstitue en quelque sorte à l'état de fourrage vert.

On pouvait présumer, dans l'été chaud et sec que nous venons de traverser, qu'une nourriture humide serait plus profitable au bétail que le foin qu'il recevait par suite de la rareté des herbages, la seconde coupe de trèfle ayant manqué assez généralement.

C'est cette considération qui m'a déterminé à faire un essai comparatif, dans le but de constater l'effet du fourrage trempé. J'ai confié les détails de cette expérience à M. Eugène Oppermann.

Quatre génisses, âgées de dix-sept à dix-neuf mois, ont été réparties en deux lots : l'un de ces lots, le n° 1, a consommé du foin et du trèfle fané ; le lot n° 2 a reçu le même fourrage préalablement trempé pendant douze heures. Chaque lot a d'ailleurs été exactement rationné à raison de 3 kilogrammes de foin pour 100 kilogrammes de poids

vivant. Voici le résultat de la première expérience, qui a duré quatorze jours :

POIDS INITIAL.	POIDS après 14 jours de ce régime.	GAIN TOTAL.	GAIN PAR JOUR.	FOURRAGE CONSOMMÉ
Lot n° 1.	kg	kg	kg	kg
722kg au fourrage trempé ..	745	23	1,64	281
Lot n° 2.				
712kg au fourrage sec	732	20	1,43	312

Cette expérience a été répétée en intervertissant l'ordre des lots, de manière que le fourrage humide fût consommé par le bétail qui précédemment avait reçu du fourrage sec. Le résultat obtenu n'a pas différé sensiblement de celui qui vient d'être présenté. En effet :

Le lot n° 1, qui a eu l'aliment sec, a gagné en quatorze jours........................ 23kg
Le lot n° 2, en consommant du fourrage trempe, a gagné........................... 22

La légère différence qui semble résulter à l'avantage du foin trempé est trop faible pour qu'on puisse affirmer qu'elle ne dépend pas d'une erreur d'observation; mais cette différence, fût-elle réelle, ne compenserait pas les frais de main-d'œuvre et les embarras qu'occasionnerait l'opération du trempage.

Dans le cours de ces recherches, M. Oppermann a constaté que le bétail mange plus rapidement le fourrage trempé. Il est arrivé qu'un lot consommait une ration humide en quarante-cinq minutes, tandis qu'un autre lot mettait une heure à faire disparaître la ration sèche.

Une plus grande rapidité dans la consommation peut

présenter, dans certains cas, de l'avantage, par exemple dans l'engraissement. Nul doute aussi que le fourrage trempé, d'une mastication plus facile, ne convienne au bétail très-jeune, lorsqu'il passe de l'allaitement à la nourriture végétale. En un mot, le foin sec, après qu'il a absorbé deux à trois fois son poids d'eau, doit offrir l'avantage que l'on reconnaît aux fourrages verts, celui d'être consommé avec plus d'avidité.

Il en résulte qu'un animal mis au vert à discrétion profite généralement plus. C'est probablement ce qui arriverait avec du fourrage trempé, donné dans les mêmes conditions d'abondance.

Curieux de connaître l'influence que pourrait exercer le foin trempé sur la lactation, j'ai engagé M. Oppermann à suivre le rendement de deux vaches bien comparables, rationnées avec 3 kilogrammes de fourrage sec pour 100 kilogrammes de poids vivant. A l'une on a donné du foin trempé, à l'autre un foin normal : après quinze jours de ces deux régimes, on ne s'est aperçu d'aucune différence dans la production du lait.

DE LA

TRANSFORMATION DU PAIN TENDRE EN PAIN RASSIS.

Assez généralement on croit que le pain tendre diffère du pain rassis par une plus forte proportion d'eau, attribuant par là à une dessiccation progressive la consistance qu'il acquiert après qu'on l'a retiré du four. Comme conséquence, on admet que le pain est plus nutritif quand il est rassis, par la raison qu'à poids égal il renferme plus de matières sèches.

Cependant, lorsqu'on connaît les précautions prises pour prévenir la dessiccation du pain frais dans les ménages où l'on ne cuit qu'à des intervalles assez éloignés, on est peu disposé à accepter cette opinion.

Ainsi, dès qu'une fournée est cuite et refroidie, on l'enferme dans la huche, on la porte au cellier ou on la descend à la cave ; toujours elle est placée dans les conditions les moins favorables à la déperdition de l'humidité. Néanmoins, il ne se passe pas vingt-quatre heures sans que la mie ait perdu une partie de sa flexibilité, sans qu'on puisse l'émietter facilement ; la croûte, au contraire, de croquante, de cassante qu'elle est, devient tenace en prenant une certaine souplesse. Ce changement d'état suit l'abaissement de la température, et il ne m'a jamais paru qu'il fût raisonnable de l'attribuer à un effet de dessiccation. Qui ne sait, par exemple, qu'un pain froid et rassis recouvre, dans le four, toutes les propriétés du pain tendre, ou bien encore, lorsqu'on en grille une tranche sur un feu vif ? A la vérité, les surfaces d'un morceau de pain rôti sont torréfiées, carbonisées, fortement desséchées par l'action trop directe de

la chaleur ; mais, à l'intérieur, la mie est flexible, élastique, *tendre*. On ne saurait nier, cependant, que le pain, en séjournant dans le four, que la tranche grillée n'aient perdu l'un et l'autre une quantité notable d'eau.

Ces faits suffiraient, ce me semble, pour établir, contre l'opinion accréditée, que le pain tendre ne devient pas rassis par cela seul qu'il se dessèche ; mais j'ai cru qu'il ne serait pas inutile de faire quelques expériences, ne fût-ce que pour montrer avec quelle lenteur un pain de quelques kilogrammes se refroidit, et combien est minime la quantité d'eau évaporée pendant le changement d'état qui accompagne et suit ce refroidissement.

Dans un pain rond ayant 33 centimètres de diamètre, 14 centimètres d'épaisseur, et pris lorsqu'on défournait, j'ai introduit au centre, à 7 centimètres de la surface, le réservoir d'un thermomètre ; quelques instants après son introduction, l'instrument marquait 97 degrés. Cette température paraîtra bien faible si on la compare à celle du four ; mais si la partie extérieure d'un pain que l'on fait cuire est exposée au rayonnement de parois échauffées à 250 ou 300 degrés, il ne faut pas perdre de vue que les parties situées au-dessous de la croûte n'atteignent jamais plus de 100 degrés de chaleur, à cause de l'eau contenue dans la pâte, et en proportion telle, qu'après la cuite, la mie en retient encore 35 à 45 pour 100.

Le pain chaud pesait $3^{kg},760$; on l'a placé dans une chambre où un thermomètre suspendu dans l'air indiquait 19 degrés. Voici, maintenant, les observations faites pendant le refroidissement.

DATES.	HEURES.	TEMPÉRATURES du pain.	TEMPÉRATURES de la chambre.	POIDS DU PAIN.
	h	o	o	kg
Juin... 12	9 matin.	97,0	19,0	3,760
	10 matin.	81,0	19,1	
	11 matin.	68,0	19,0	
	Midi.	58,1	19,1	
	1 soir.	50,2	19,0	3,735
	2 soir.	44,0	19,0	
	3 soir.	38,6	18,9	
	4 soir.	34,7	19,0	
	5 soir.	31,6	18,7	
	6 soir.	28,9	18,6	
	8 soir.	25,0	18,4	
	10 soir.	23,0	18,3	
13	7 matin.	18,8	18,1	
	9 matin.	18,3	18,1	3,730
	10 matin.	18,1	18,1	
	11 matin.	18,0	18,0	
	Midi.	18,0	17,9	
	2 soir.	18,0	18,0	
	7 soir.	17,7	17,8	
14	9 matin.	17,0	17,4	3,727
15	9 matin.	16,1	16,5	3,712
16	9 matin.	15,8	16,3	3,700
17	9 matin.	"	"	3,696
18	9 matin.	"	"	3,690

A côté du pain portant un thermomètre, on en avait placé un autre pour juger du changement d'état. Vingt-quatre heures après qu'on eut défourné, la température étant sensiblement la même que celle de la chambre, et, dès lors, le refroidissement pouvant être considéré comme accompli, le pain était demi-rassis comme l'est ordinairement celui qui est cuit depuis un jour ; la croûte ne se brisait plus sous la pression ; il y avait eu 30 grammes d'eau de dissipés, soit les 0,008 du poids initial. Le sixième jour, lorsque le pain était extrêmement rassis, la perte ne

s'est pas élevée au-dessus de 0,01 ; dans les cinq derniers jours, c'est-à-dire pendant la période où la modification a été la plus prononcée, bien qu'elle ait eu lieu après le complet refroidissement, la perte en eau n'a été que de 40 grammes sur 3730, ou à très-peu près de 0,01. L'expérience suivante prouvera d'ailleurs que l'élimination de l'eau, dans des limites aussi restreintes, ne contribue en rien à la transformation du pain tendre en pain rassis.

Le pain cuit depuis six jours, et dont le poids était 3kg,690, a été remis au four ; une heure après, le thermomètre placé au milieu de la mie indiqua seulement 70 degrés. Ce pain ayant été coupé, on le trouva tout aussi frais que ceux que l'on venait de cuire. Il ne pesait plus que 3kg,570, ayant perdu 120 grammes d'eau, ou 3 $\frac{1}{4}$ pour 100.

Cette expérience a été répétée sous une autre forme ; on a mis une tranche de pain chaud dans une capsule placée sous une cloche dont l'ouverture reposait sur de l'eau, de manière que l'air confiné dans la cloche fût saturé d'humidité. Chaque jour, à la même heure, la tranche a été examinée et pesée.

Poids de la tranche...............	32gr,05	pain tendre.
Perte... 0gr,23		
Après être restée 24h sous la cloche..	31,82	pain demi-rassis.
Perte... 0gr,07		
Après être restée 48h sous la cloche..	31,75	pain rassis.
Perte... 0gr,05		
Après être restée 72h sous la cloche..	31,70	pain rassis.
Perte... 0gr,01		
Après être restée 96h sous la cloche..	31,69	pain très-rassis.

On voit, par les pesées, que le pain chaud est devenu demi-rassis en perdant les 0,007 de son poids. Une fois à cet état, la consistance a été en augmentant, bien que les

pertes successives n'aient plus été que de 0,002, 0,0016, 0,0003 du poids initial.

La tranche de pain rassis a été grillée, elle a pesé 28gr.65; plus des $\frac{9}{10}$ étaient régénérés à l'état de pain tendre, quoique, par l'action de la chaleur, la perte, due en grande partie à de l'eau volatilisée, se soit élevée à près de $\frac{1}{15}$ du poids primitif.

En remettant au four un pain très-rassis, on a vu qu'il était devenu tendre lorsque le thermomètre placé dans son intérieur se tenait à 70 degrés. Afin de constater si le changement d'état aurait lieu à une température moins élevée, j'ai introduit, dans un étui en fer-blanc, un cylindre de mie taillé dans du pain cuit depuis plusieurs jours. Pour prévenir toute dissipation d'humidité, l'étui a été fermé avec un bouchon, puis on l'a maintenu pendant une heure au bain-marie chauffé entre 50 et 60 degrés. La mie est devenue souple, élastique comme si on l'eût retirée du four. On l'a laissé refroidir : vingt-quatre heures après, sa consistance était celle du pain demi-rassis, et au bout de quarante-huit heures celle du pain rassis. La disposition prise pour élever la température sans qu'il y eût perte d'eau a permis de modifier nombre de fois le pain enfermé dans l'étui, en le chauffant et le laissant refroidir alternativement.

Des faits exposés précédemment, il est, je crois, permis de conclure que ce n'est pas par une moindre proportion d'eau que le pain rassis diffère du pain tendre, mais par un état moléculaire particulier qui se manifeste pendant le refroidissement, se développe ensuite, et persiste aussi longtemps que la température ne dépasse pas une certaine limite.



POTASSE ENLEVÉE AU SOL

PAR LA CULTURE DE LA VIGNE.

La présence constante de la crème de tartre dans le vin, les quantités considérables de cette substance produites dans les pays vignobles, ont fait penser que la vigne enlève au sol une très-forte proportion de potasse. C'est là, au reste, une simple présomption ; et quand on considère qu'on ne donne pas à la vigne plus de fumier que n'en reçoivent les cultures de racines ou de céréales, il est permis de douter qu'une récolte de vin, si abondante qu'on la suppose, exige plus d'alcali que telle ou telle sole de nos rotations.

Pour me former une opinion sur cette question, trop abandonnée jusqu'ici aux spéculations théoriques, j'ai déterminé la quantité et la nature des substances minérales enlevées en 1848 dans notre vigne du Smalzberg, près Lampertsloch, en dosant et en soumettant à l'analyse les cendres des matières exportées, à savoir : 1° des sarments ; 2° du marc de raisin ; 3° du vin. Les feuilles restant sur le terrain, il n'a pas été nécessaire de tenir compte des matières minérales qu'elles renferment.

La surface de vigne à laquelle se rapportent les données numériques que je vais présenter est de 170 ares. Le terrain est rempli de petits fragments de pierres calcaires.

En 1848, on a obtenu de cette surface 55^{hectol},05 de vin.

Le marc de raisin, desséché à l'air, a pesé 492 kilo-

grammes ; 100 de marc, ainsi desséché, ont laissé 6,65 de cendres, soit $32^{kg},72$ pour 492 kilogrammes.

La taille de la vigne, exécutée au printemps de 1849, a fourni 2624 kilogrammes de sarments. J'ajouterai qu'en 1850 la vigne en a donné, à 100 kilogrammes près, la même quantité.

De 100 de sarments, brûlés dans l'état où ils avaient été pesés, on a retiré 2,44 de cendres ; soit $64^{kg},03$ pour la totalité du bois. On avait incinéré assez de sarments pour obtenir plusieurs kilogrammes de cendres.

1 litre de vin a laissé $1^{gr},870$ d'une cendre très-blanche.

Les analyses de ces cendres ont été faites dans mon laboratoire par M. Houzeau ; en voici les résultats :

	CENDRES			
	de marc.	de sarments.	de sarments, sable déduit	de 1 litre de vin
Potasse	36,9	18,0	20,1	gr 0,842
Soude	0,4	0,2	0,2	0,000
Chaux	10,7	27,3	30,5	0,092
Magnesie	2,2	6,1	6,8	0,172
Oxyde de fer, alumine.	3,4	3,8	4,2	"
Acide phosphorique	10,7	10,4	11,6	0,412
Acide sulfurique	5,4	1,6	1,7	0,096
Chlore	0,4	0,1	0,1	Traces.
Acide carbonique	12,4	20,3	22,9	0,250
Sable et silice (1)	15,3	10,9	0,5	0,006
Perte	2,2	1,3	1,4	"
	100,0	100,0	100,0	1,870

(1) La silice en très-faible proportion.

Avec les données précédentes, on trouve pour les quan-

tités de substances minérales enlevées en une année dans la vigne de 170 ares :

	POTASSE.	SOUDE.	CHAUX.	MAGNÉSIE.	ACIDE phosphorique.	ACIDE sulfuriq.
	kg	kg	kg	kg	kg	kg
Dans les sarments.	11,53	0,13	17,48	3,91	6,66	1,02
Dans le marc.....	12,07	0,13	3,50	0,72	3,50	1,77
Dans le vin... ...	4,64	0,00	0,51	0,95	2,27	0,53
Total.....	28,24	0,26	21,49	5,58	12,43	3,52

Ramenant à la surface de 1 hectare, on a :

	kg
Potasse.............	16,42
Soude..............	0,15
Chaux...	12,49
Magnésie............	3,24
Acide phosphorique...	7,23
Acide sulfurique......	1,93

Contrairement à l'opinion admise, ces recherches établissent que la culture de la vigne n'exige pas plus de potasse que les autres cultures : ainsi, dans le voisinage du clos du Smalzberg, à 1 hectare de terre :

	Alcali.	Ac. phosphorique.
	kg	kg
La pomme de terre enlève....	63	14
La racine de la betterave......	90	12
Le froment, avec la paille.....	27	19

FIN DU TOME CINQUIÈME.

TABLE DES MATIÈRES.

258 Paris. — Imprimerie de GAUTHIER-VILLARS, quai des Augustins, 55.

...e, par M. Boussingault.

Fig. 3. *Lait écrémé.*

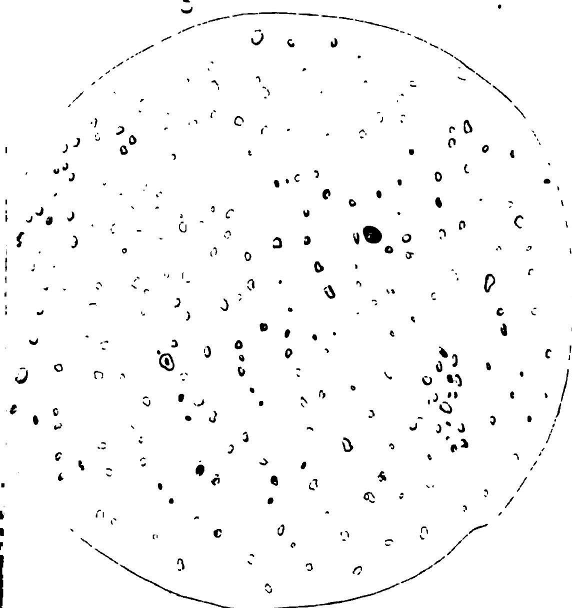
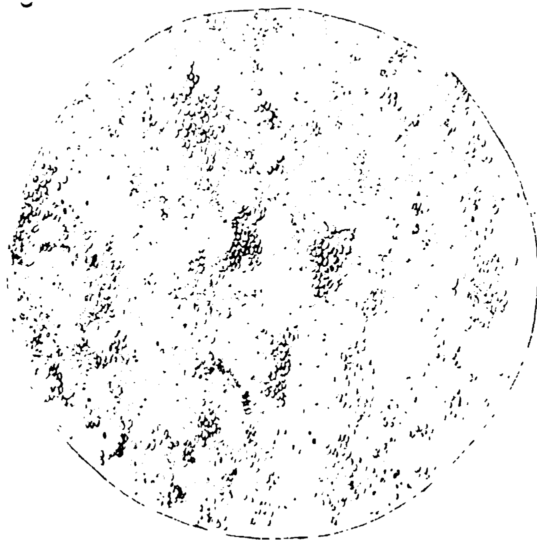


Fig. 4. *Lait de beurre de la crème barattée.*



AGRONOMIE,

CHIMIE AGRICOLE

ET

PHYSIOLOGIE.

PARIS. — IMPRIMERIE DE GAUTHIER-VILLARS,
Quai des Augustins, 55.

AGRONOMIE,

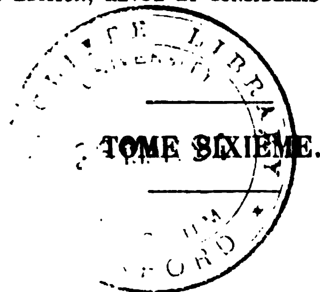
CHIMIE AGRICOLE

ET

PHYSIOLOGIE,

PAR M. BOUSSINGAULT,
Membre de l'Institut.

DEUXIÈME ÉDITION, REVUE ET CONSIDÉRABLEMENT AUGMENTÉE.



TOME SIXIÈME.

PARIS,
GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE
DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE
SUCCESSEUR DE MALLET-BACHELIER,
Quai des Augustins, 55.

1878

AGRONOMIE,
CHIMIE AGRICOLE
ET
PHYSIOLOGIE.

SUR LES EAUX ACIDES
QUI PRENNENT NAISSANCE
DANS LES VOLCANS DES CORDILLÈRES.

PREMIÈRE PARTIE.

En étudiant, il y a bien des années, les volcans des Andes équatoriales, je reconnus qu'ils émettent de la vapeur d'eau, de l'acide sulfhydrique, dans certains cas du gaz acide sulfureux, et ce qui, je crois, n'avait pas encore été signalé à cette époque, des quantités considérables de gaz acide carbonique, apportant continuellement à l'atmosphère du carbone, l'un des éléments indispensables à la constitution des êtres organisés.

Ces résultats généraux ont été confirmés depuis par les voyageurs qui ont observé les bouches ignivomes, les solfatares : en Amérique, depuis la Californie jusqu'au Chili, en Europe, en Asie, constamment on a rencontré dans les cratères, dans les fumerolles, la vapeur aqueuse associée à l'acide carbonique, à l'acide sulfhydrique, à l'acide sulfureux, quelquefois, comme au Vésuve, à de l'acide chlorhydrique, à des gaz combustibles.

J'avais insisté autrefois sur ce fait, que l'eau de certains torrents, prenant naissance dans la proximité des volcans, est acidifiée par de l'acide sulfurique, par de l'acide chlorhydrique libres : aujourd'hui, je me propose de rechercher l'origine probable de ces acides.

Un cours d'eau bien remarquable par son volume et son acidité est le Pasambiò, la rivière du Vinaigre (*Rio Vinagre*), qui descend du Puracé, dans une gorge très-resserrée, jusqu'au Salto de San Antonio, où il tombe, d'une hauteur de 35 mètres, au milieu d'un hémicycle de trachyte. Après sa réunion à l'Anambiò, il entre dans le Cauca.

Le volcan de Coconuco, ou Puracé, est dans la Cordillère centrale, non loin du point où commence la ramification des Andes; son sommet, couvert de neige, atteint l'altitude de 5100 mètres. Pour y parvenir, en partant de la ville de Popayan ([1]), on passe par Coconuco, où il y a une source thermale sur laquelle je reviendrai; puis, après avoir traversé le Cauca, on arrive à la Mission indienne de Puracé ([2]). En sortant de ce village, on entre dans une forêt d'arbres rabougris, à laquelle succèdent les Pajonales, espaces couverts de Graminées, remplaçant la végétation arborescente, à l'altitude de 3500 mètres. Plus haut, on rencontre cette singulière plante à tige et à feuilles laineuses, l'*Espeletia fraylejon*. A cette station, je fus assailli par une neige mêlée de grêlons sphériques de 12 à 15 millimètres de diamètre. Le vent soufflait du sud avec violence; on marchait dans cette direction : on était suffoqué; de temps à autre il fallait regarder au nord pour respirer. La végétation cessa au-dessus des *Espeletia*. Le sol était jonché de morceaux de soufre. Des jets de vapeur sortaient de plusieurs crevasses. J'étais à l'*Azufral del*

([1]) Popayan, altitude 1809 mètres.

([2]) Puracé, mission indienne, altitude 2720 mètres.

Boqueron, à l'altitude de 4360 mètres, sur un terrain creux, sur une croûte formée d'un mélange de boue (*moya*) et de soufre. Du bord d'une des fissures on apercevait de l'eau chaude fortement agitée par un dégagement soutenu de gaz acide carbonique; cette eau n'avait aucune saveur; son odeur, légèrement hépatique, disparaissait par le refroidissement.

La principale émission de vapeur avait lieu par une ouverture circulaire de 35 centimètres de diamètre, le jet produisait un bruit des plus intenses; sa température était de 86°,5 : c'est le point d'ébullition de l'eau à la hauteur à laquelle nous étions parvenus. La tension de la vapeur à 86°,5 est de 458^{mm},7 de mercure; or, à l'Azufral del Boqueron, la colonne de mercure, dans le baromètre, se soutenait à 459^{mm},7, la température étant de 13 degrés.

Le sol éprouvait une trépidation incessante; à 5 mètres du jet de vapeur, un thermomètre marquait 49 degrés. La vapeur avait l'odeur de l'acide sulfhydrique; en la condensant à la superficie d'un vase plein de neige, on s'assura qu'elle ne renfermait pas d'acide chlorhydrique. Le gaz recueilli dans une fumerolle consistait en acide carbonique mêlé à une trace d'acide sulfhydrique.

Au-dessus du Boqueron, à la limite inférieure de la neige, le baromètre indiqua l'altitude de 4670 mètres. La pente du Nevado étant peu inclinée, on pouvait espérer de parvenir au sommet du Puracé; mais, à peine sorti de la solfatare, le vent souffla avec tant d'impétuosité que deux fois je fus renversé. Parvenu à environ 200 mètres au-dessous du point culminant, c'est-à-dire à 4900 mètres, la surface de la neige devint tellement dure et glissante qu'il fut impossible de faire un pas en avant.

Les Indiens qui m'accompagnaient assuraient qu'à l'est du Boqueron il sort du rocher une source très-abondante, fortement acide, et que, près de cette source, désignée sous le nom de *Grand Vinaigre*, coulent deux ruisseaux acides,

les *Petits Vinaigres*, qui entrent dans le torrent de San Francisco, l'un des affluents du Pasambiò. Je me dirigeai vers les sources chaudes. Dans ces parages, le trachyte est en masses escarpées, ayant l'apparence de châteaux forts. On suivit une rampe si étroite qu'il était difficile de s'y tenir debout. Après avoir monté pendant une heure, on arriva sur une éminence d'où l'on voyait d'abondantes vapeurs; mais l'espace qu'il restait à franchir fut jugé impraticable, à cause du verglas dont la roche était recouverte. Un épais brouillard nous enveloppa tout à coup, et ce n'est pas sans peine que nous pûmes arriver à la Mission de Puracé.

L'Azufral del Boqueron n'offrait aucun phénomène igné : c'était une solfatare; or, dans les Cordillères, une solfatare n'est pas un volcan éteint, c'est un état de repos auquel succède, sans que rien le fasse pressentir, une prodigieuse et terrible activité. Ainsi le Puracé, si calme lorsque je le visitai, eut dans le cours de 1849 une série d'éruptions; le terrain environnant fut inondé par une boue liquide; en se consolidant, cette boue avait formé, au point d'émission, une enceinte circulaire de 100 mètres de diamètre, un véritable cratère d'épanchement. Les années suivantes, les tremblements de terre furent très-fréquents dans la province de Popayan : c'étaient les précurseurs de la catastrophe du 4 octobre 1869. A 3 heures du matin, le Puracé fit une éruption épouvantable; des pierres incandescentes, des cendres allèrent tomber à plusieurs lieues de distance; le lit de l'Anambiò, du Pasambiò, était encombré de boues sulfureuses. La Mission de Puracé fut détruite. Deux jours après, le 6 octobre, à 3 heures de l'après-midi, il y eut une seconde éruption; les projectiles atteignirent la ville de Popayan, située à plus de 16 kilomètres; des masses énormes d'une boue noire sulfureuse dévastèrent toute la contrée. Dans les Cordillères, ces émissions boueuses, *moyas*, sont fréquentes, ce qui fait

dire aux montagnards des Andes que leurs volcans lancent à la fois le feu et l'eau.

De retour à la Mission de Puracé, je procédai à l'analyse de l'eau du Rio Vinagre, puisée au bas de la cascade de San Antonio.

Cette eau était limpide; sa densité, à la température de 15 degrés, était de 1015.

Dans 1 litre, on a dosé :

Acide sulfurique.....	1gr,1000 =	SO^3,HO	1gr,3475
Acide chlorhydrique..	1,2117 =	Cl	1,1784
Alumine	0,4028		
Chaux	0,1333		
Soude	0,1232 =	Na	
Silice	0,0237		
	2,9930 (1)		

En admettant que l'alumine et la chaux constituent des sulfates, le sodium de la soude du chlorure, on aurait :

Acide sulfurique libre......	0gr,0457
Acide chlorhydrique libre...	1,0665
Sulfate d'alumine..........	1,3427
Sulfate de chaux..........	0,2477
Chlorure de sodium	0,2325
Silice	0,0237
	2,9588 (2)

(1) De 422 centimètres cubes d'eau, on a obtenu :

Sulfate de baryte............	1gr,35
Chlorure d'argent............	2,01 = Chlore... 0gr,4973.
Alumine....................	0,17
Chaux	0,10
Sulfate de soude............	0,12
Silice	0,01

(2)

Oxygène de la soude transformée en chlorure...	0gr,0326
Hydrogène de l'acide chlorhydrique............	0,0029
	0,0355

Cette constitution est hypothétique : aussi est-il préférable de ne considérer que les quantités d'acide sans se préoccuper de la nature des sels. En réalité, les acides sulfurique et chlorhydrique sont le résultat d'une action volcanique, et il est vraisemblable que leur saturation partielle a suivi leur formation.

En 1823, M. Mariano de Rivero avait examiné l'eau du Rio Vinagre; dans 1 litre il y trouva :

Acide sulfurique	1,08 gr
Acide chlorhydrique ...	1,64

Ce sont, à très-peu près, les proportions que j'ai rencontrées; cette coïncidence est remarquable en ce qu'elle indiquerait que la constitution de l'eau du Pasambiò est peu variable.

Durant mon séjour à Puracé, j'ai trouvé que, en vingt-quatre heures, le Rio Vinagre débitait 34 785 mètres cubes d'eau ([1]). En partant de cette donnée, la rivière acide entraînerait par jour :

Acide sulfurique monohydraté...	46 873 kilogrammes
Acide chlorhydrique	42 150 »

Soit par an : 17 millions de kilogrammes d'acide sulfurique,
» 15 millions de kilogrammes d'acide chlorhydrique.

Volcan de Pasto.

Pasto, en ligne directe, est à 38 lieues de Popayan, entre les Rios Juanambù et Guaytara, tributaires du Patia, qui débouche dans l'océan Pacifique ([2]); le volcan

---

([1]) *Annales de Chimie et de Physique*, 2e série, t. XXXVI, p. 113.

([2])

	Altitude.
Pasto	2510 m
Rio de Juanambù	1171
Rio Guaytara	1615

est à l'est de la ville. Dans le trajet de Popayan à Pasto, on voit des micaschistes en relation et probablement soulevés par des syénites porphyriques à gisements aurifères; le trachyte apparaît çà et là, particulièrement dans la gorge profonde du Rio Mayo; à partir de Meneses, cette roche domine. La route est d'ailleurs des plus accidentées; on descend graduellement dans la chaude et insalubre vallée de Patia pour remonter ensuite dans la Cordillère. Les points les plus élevés que l'on franchit sont : l'Arenal de Berueco et l'Alto de Aranda ([1]).

C'est au *sitio* de Genoe ([2]) que commence l'ascension au volcan de Pasto. Un torrent descend d'une grande hauteur en plusieurs cascades produisant un bruit assourdissant : l'eau contient de l'acide sulfurique et de l'acide chlorhydrique libres; son acidité est assez prononcée pour déterminer un dégagement de gaz hydrogène lorsqu'on la verse sur du zinc; quant à son volume, j'estime qu'il est trois fois aussi fort que celui du Rio Vinagre.

En quittant les chutes de Genoe, on entra dans un bois tellement épais qu'il fallut ouvrir un sentier pour le traverser. La montée fut assez rapide jusqu'aux Pajonales, où je vis, non sans étonnement, des bouquets de Fougères arborescentes. Après quatre heures de marche, on atteignit la *Pamba de las Piedras*, dite *Rumichaca* ([3]). De cette station, on découvrait le volcan; nous en étions séparés par une profonde anfractuosité de 400 mètres de largeur, que les guides hésitèrent d'abord à franchir. La

---

		Altitude.
([1])	Meneses	2508m
	Rio Mayo	1187
	Patia	697
	Alto de Berueco	2780
	Alto de Aranda	3076

([2]) Genoe, altitude 2631 mètres.

([3]) Rumichaca, altitude 3706 mètres.

descente fut d'autant plus facile que, une fois lancé, il n'était plus possible de se retenir; en moins d'une demi-heure nous étions au fond de l'abime, mais nous mimes deux heures pour en sortir par la pente opposée. Nous nous trouvions sur des blocs de trachyte; j'y observai un conglomérat renfermant des nodules d'alunite; près de là un gisement de pierre d'alun. Après avoir passé l'obstacle qui faillit nous arrêter, nous nous élevâmes par une pente douce jusqu'aux fumerolles; nous n'étions pas dans un cratère : c'était un amas de blocs de roche de toutes dimensions entassés entre deux murs de trachyte. Ce terrain bouleversé présentait une ouverture de plusieurs centaines de mètres de longueur, d'où s'échappaient avec un sifflement formidable de nombreux jets de vapeur. Nous avions atteint l'altitude de 4085 mètres.

Dans ce chaos, le trachyte diffère sensiblement de la roche en place entre laquelle il est amoncelé; généralement son aspect est porphyrique; c'est d'abord un assemblage de cristaux de pyroxène et de feldspath vitreux dispersés dans une pâte noire poreuse; puis, sur des morceaux peu volumineux, c'est une sorte de ponce remplie de feldspath, à laquelle adhèrent du soufre et des cristaux de gypse; je trouvai même parmi ces décombres un gros bloc de gypse anhydre à structure saccharoïde. Çà et là on rencontrait de l'obsidienne noire, translucide; quelques fragments offraient cette particularité qu'ils étaient en partie tuméfiés.

Le sol, près de la grande fissure, était continuellement agité; à des intervalles assez rapprochés, on entendait un bruit souterrain, le *bramido* (rugissement des tremblements de terre.)

Un thermomètre placé dans la vapeur émise par l'évent principal monta immédiatement à 101°,6; l'instrument eût été brisé si je ne l'avais pas retiré. Cette vapeur, dont je ne pus prendre la température, était évidemment sur-

chauffée par son contact avec les roches de l'intérieur, car à cette altitude le mercure dans le baromètre se soutenait à 472 millimètres; or, sous cette pression, l'eau bout à environ 87 degrés. Sur les parois de la crevasse, l'étain entra en fusion; le plomb placé à côté de l'étain ne fondit pas. Il en résulte que la température, égale ou supérieure à 235 degrés, n'atteignait pas 334 degrés. Il n'était pas possible de recueillir les gaz mêlés à de la vapeur aussi chaude, la manœuvre de l'appareil collecteur eût été impraticable; c'est dans une fumerolle dont la température ne dépassait pas 90°,5 que je réussis à m'en procurer une quantité suffisante pour exécuter une analyse. 100 de gaz donnèrent :

Acide carbonique	78
Résidu non absorbable par la potasse	22

Le résidu non absorbable consistait en un mélange d'oxygène et d'azote, dans le rapport où ces gaz se trouvent dans l'air atmosphérique ([1]).

Cet air peut avoir été introduit accidentellement; il peut aussi provenir d'un appel déterminé par les courants de vapeur aqueuse traversant des fragments de roche fortement échauffés. Quoi qu'il en soit, le fait de l'air atmosphérique mélangé au gaz acide carbonique, constaté dans les volcans des Andes, s'est reproduit dans les analyses que M. Charles Sainte-Claire Deville a exécutées sur les gaz rejetés par les évents volcaniques de l'Italie méridionale. En effet, les conclusions de son important travail sont que « les fumerolles anhydres non acides entraînent un mélange d'oxygène et d'azote dans la proportion sensiblement égale à celle de l'air normal, tandis que les fumerolles qui contiennent des traces de vapeur d'eau, d'acide chlor-

([1]) C'est à mon retour à Pasto que j'analysai le gaz résidu.

hydrique et d'acide sulfureux indiquent un défaut d'oxygène par rapport à l'azote ».

Les fumerolles du Puracé et du Pasto n'entraînent ni acide chlorhydrique ni acide sulfureux, ainsi que je m'en suis assuré. Il y a toutefois cette différence entre les observations de M. Charles Sainte-Claire Deville et les miennes, que j'ai constamment trouvé de la vapeur aqueuse dans les gaz exempts d'acide chlorhydrique et d'acide sulfureux, rejetés par les évents volcaniques des Cordillères.

Près des fumerolles du Pasto, on rencontre de notables quantités de sulfate d'alumine. Les guides n'ont pu m'indiquer où sont situées les sources thermales auxquelles les chutes de Genoc doivent leur acidité. Lors des éruptions, le volcan lance à de grandes hauteurs des cendres et des blocs de roche incandescents qui, en tombant sur le sol, forment des cavités ayant quelquefois 1 mètre de profondeur; les morceaux de trachyte que j'ai vus au fond de ces cavités étaient scorifiés à la surface.

Eau acide du cratère-lac du volcan de Tuqueres.

Le village indien de Tuqueres est à 8 lieues à l'ouest de Pasto. Entre ces deux localités le terrain a subi une forte dépression. De Yacunquer, dont la hauteur absolue est de 2792 mètres, on descend brusquement dans le Rio Guaytara, ayant une altitude de 1615 mètres et coulant dans un lit très-resserré, ouvert dans une alluvion reposant sur le porphyre. Le terrain de trachyte est, par conséquent, interrompu; on le voit reparaître de l'autre côté du Guaytara, près de Imbué. Les Andes, depuis Pasto jusqu'à Quito et au delà, présentent une suite de plateaux très-élevés, habités par de nombreuses populations, malgré l'âpreté du climat : Muechisa, Yacunquer, Sapuyas, Guachuca, Cumbal, Tulcan, Guacà, Tusà, Huesacà, Pucarà,

San Pablo, Tabacundo, sont des villages d'une çertaine importance (¹).

De Tuqueres on relève deux cimes neigeuses : un volcan éteint, le Chile; un volcan en pleine activité, le Cumbal, où, à l'altitude de 4760 mètres, je fus témoin d'un singulier spectacle : un espace circulaire de 20 mètres de diamètre, d'où sortait de la vapeur de soufre en combustion, entouré d'un cercle de glace; les flammes bleues paraissaient sortir de la neige.

Le volcan de Tuqueres est à trois heures de marche du village. Après avoir traversé une *pamba,* on monte à l'*Alto del Azufral,* d'où l'on découvre un lac présentant, par sa belle couleur verte, l'image d'une prairie. Sur la presque totalité de son contour, cette lagune est close par une roche de trachyte fort élevée, passant, sans aucune transition, du noir au blanc, au rouge.

On pénètre dans le cratère-lac par une jetée naturelle que termine un dôme de soufre, exhalant des vapeurs d'acide sulfhydrique. Du gaz recueilli à l'orifice d'une fissure fut complétement absorbé par la potasse : c'était de l'acide carbonique pur.

Dans de la vapeur émise par une fumerolle, le thermomètre se maintint à 86 degrés. L'altitude du lac est de 3906 mètres; ramenée à zéro, la colonne de mercure dans le baromètre se soutenait à $484^{mm},8$; sous cette pression l'eau bout à $87^{\circ},9$.

L'eau puisée dans le lac est limpide, absolument incolore sous une faible épaisseur, et la teinte verte qu'elle

(¹)

	Altitude.		Altitude.
	m		m
Muechisa.........	2703	Guacà............	3010
Yacanquer.......	2792	Tusà...	2994
Sapuyas...	3079	Huesacà.	2783
Guachucà........	3124	Pucarà...........	2995
Cumbal..........	3219	San Pablo.......	2772
Tulcan...........	3019	Tabacundo... ...	2980

présente quand elle est en masse est occasionnée par le soufre sur lequel elle repose. En effet, l'eau possède une couleur bleue qui lui est propre, et c'est à la couleur jaune du soufre qu'elle doit sa teinte verte.

L'eau du lac Vert est acide, styptique comme l'eau du Rio Vinagre; elle contient de l'acide sulfurique, de l'acide chlorhydrique libres, et en outre du sulfate d'alumine que l'on voit sur les roches environnantes. Sa température, à la base de la coupole de soufre, était de 27 degrés; à 2 mètres de distance, 10 degrés; on estime à un demi-kilomètre la longueur du lac; la largeur, en moyenne, ne dépasse pas 150 mètres. Je n'ai pu en déterminer la profondeur : en l'évaluant à 5 mètres, le volume d'eau approcherait de 400 000 mètres cubes. On n'aperçoit aucune issue d'écoulement. L'enceinte de trachyte forme une paroi élevée, verticale, s'abaissant uniquement à l'est, du côté par lequel on entre à l'Azufral; la jetée dont j'ai parlé s'élève graduellement jusqu'à l'Alto, à 150 mètres au-dessus du niveau du lac. On conçoit que les eaux pluviales arrivent par cette pente; quant à leur sortie, elle ne semble avoir lieu que par l'évaporation, très-rapide sous la faible pression résultant de l'altitude et favorisée d'ailleurs par la température des roches. Je crois devoir signaler le lac Vert du Tuqueres comme un important gisement de soufre.

Volcans de Tolima et de Ruiz.

La Cordillère centrale des Andes, entre le quatrième et le cinquième degré de latitude nord, offre deux passages, généralement suivis pour communiquer de la vallée de la Magdalena dans la vallée du Cauca : le Quindiù, entre les villes d'Ibagué et de Cartago; l'Hervé, entre Mariquita et le district minéral de la Vega de Supia. Ces chemins, quoique très-fréquentés, particulièrement celui du Quindiù, sont

seulement praticables pour des piétons. C'est qu'à sa base la Cordillère est couverte de forêts d'un difficile accès et que, sur les hauteurs, le terrain est des plus accidentés. Ce n'est pas que les points culminants soient très-élevés : la plus grande altitude du Quindiù, le col del Aguito, est de 3390 mètres. Le paramo de Hervé ne dépasse pas 3174 mètres. Bien qu'en ligne directe la largeur de la montagne ne soit que de 12 à 14 lieues, on met de huit à dix jours pour la franchir. Les marchandises, et généralement les voyageurs, sont transportés à dos d'hommes, par des Indiens, des mulâtres, faisant le pénible métier de *cargueros*.

Entre les passages du Quindiù et d'Hervé, la Cordillère centrale atteint une très-grande élévation ; ses cimes, sur plusieurs points, sont couvertes de neige pendant toute l'année : c'est le pic de Tolima, haut de 5500 mètres ; puis, plus au nord, Ruiz, dont j'ai trouvé l'altitude de 5900 mètres. Vus de loin ces nevados paraissent se confondre. C'est là une illusion provenant de ce qu'ils ne sont pas dans un même plan, et aussi parce que, à certaines époques, les intervalles qui les séparent sont couverts de neiges sporadiques.

La protubérance de la Cordillère centrale entre Ibagué et Mariquita paraît être la conséquence de l'apparition du trachyte. En fait, cette roche manque dans les stations basses, elle est remplacée par le granite, le gneiss, le micaschiste succédant au schiste argileux, au grunstein porphyrique.

A peu de distance d'Ibagué, le micaschiste présente une particularité : une mine de soufre ouverte dans une gorge étroite. Du soufre pulvérulent est déposé dans des fissures. L'exploitation a lieu à ciel ouvert, et par galeries qu'on ne prolonge pas à plus de 2 ou 3 mètres, par la raison qu'une fois engagé dans les travaux le mineur est obligé de retenir sa respiration, l'atmosphère dans laquelle il est

plongé étant du gaz acide carbonique ; en outre on y ressent une chaleur suffocante, bien que la température ne dépasse pas 20 degrés. Cette sensation, ainsi que je l'ai démontré, résulte de l'action que l'acide carbonique exerce sur la peau ([1]).

Des fumerolles froides de l'Azufral du Quindiù, il sort du gaz acide carbonique renfermant une trace d'acide sulfhydrique ; si l'on ajoute que le soufre a dû y pénétrer à l'état de vapeur, on voit que ces émanations sont identiques à celles des fumerolles chaudes des volcans. Il semble donc que, tout en apparaissant dans la roche schisteuse, le soufre et le gaz acide carbonique proviennent du Tolima, sur lequel repose le micaschiste soulevé par le trachyte, ainsi que l'on peut s'en assurer dans le torrent de San Juan, où l'on observe la superposition, ou plutôt le contact des deux roches.

Le pic de Tolima, lors de mon ascension, était considéré comme un volcan éteint. Sa dernière éruption datait du 12 mars 1595, à 1 heure du matin ; elle dévasta la province de Mariquita. Le P. Simon rapporte, dans sa *Chronique*, que les rivières Guali et Lagunilla charrièrent des boues noires et fétides. Or ces rivières ne viennent pas du Tolima, mais du paramo de Ruiz, d'où il faut conclure que l'action volcanique se manifesta aux deux extrémités de la zone neigeuse.

De la vallée de la Magdalena j'avais vu fréquemment de la fumée au-dessus du cône de Tolima, et de la vallée du Cauca j'avais aperçu, sur la pente occidentale du paramo de Ruiz, un grand espace noir faisant tache au milieu des neiges. Je résolus d'aborder les glaciers de la Cordillère centrale par le côté méridional ; un botaniste plein

---

([1]) Boussingault, *Agronomie, Chimie agricole, Physiologie*, t. IV, p. 61 ; 2e édition.

de zèle, M. Goudot, consentit à m'accompagner dans cette expédition.

Dans les Andes, pour atteindre le sommet d'une haute montagne, il n'y a qu'un moyen : remonter le cours des torrents qui en descendent. Le pic de Tolima est tout au plus à deux lieues nord-nord-ouest d'Ibagué ([1]); néanmoins, telles sont les aspérités du terrain, qu'il nous fallut cinq jours pour arriver à la limite des neiges. Le Combayma, que nous avons suivi, est un torrent des plus impétueux; plusieurs fois dans une journée, pour passer d'une rive à l'autre, nous devions abattre des arbres pour établir un pont. Nous entrâmes dans la région des Pajonales et des Espeletia après trois jours de marche; le cinquième jour nous établissions notre bivouac sur un point que l'abondance du soufre nous fit nommer *el Azufral de Juan,* à l'altitude de 4120 mètres; il fallut atteindre la limite inférieure des neiges, à 4690 mètres, pour rencontrer la roche en place. Là, dans une large crevasse à parois verticales, dont le fond était une boue consolidée mêlée à du soufre, il y avait une fumerolle dans laquelle le thermomètre se maintint à 50 degrés; il s'en échappait de l'acide carbonique mêlé d'acide sulfhydrique, exactement le gaz des fissures du micaschiste du Quindiù.

Pendant le temps que je passai au pic du Tolima, la température, au lever du soleil, fut de 1 à 2 degrés au-dessous de zéro. Chaque matin on voyait rouler des blocs de roche détachés du pic; cet avalanche, dont j'ignore la cause, durait, en se ralentissant, jusqu'à midi. De notre station l'on distinguait nettement les deux autres nevados : à l'ouest-nord-ouest celui de Santa-Isabela, portant trois mamelons; au nord le Ruiz, dont la longue ligne de neige est coupée vers son milieu par une zone noire ressemblant

---

([1]) Ibagué, altitude 1323 mètres.

à un cratère. Le Tolima, le Santa-Isabela, le Ruiz forment un vaste et resplendissant amphithéâtre de glace.

En remontant le Rio Guali, qui traverse la plaine de Mariquita, comme nous avions remonté le Combayma, un jeune officier des mines, M. W. Degenhardt, parvint à la base du paramo de Ruiz, à l'altitude de 3800 mètres, où il découvrit une source thermale acide extrêmement abondante et dont l'eau a, par sa composition, la plus grande analogie avec celle du Rio Vinagre du Puracé. Sa température était de 69°, 4. L'analyse en a été faite, à ma prière, par M. B. Lewy, dans le laboratoire de M. Henri Sainte-Claire Deville.

Dans 1000 parties on a dosé :

Acide sulfurique.	5,181		
Acide chlorhydrique. .	0,881 =	Chlore.	0,856
Alumine.	0,500		
Chaux.	0,140		
Soude.	0,360 =	Sodium.	0,267
Magnésie.	0,320		
Oxyde de fer FeO.	0,164		
Silice.	0,183		
	7,729		

En combinant le sodium au chlore, la chaux, la magnésie, l'oxyde de fer à l'acide sulfurique, on aurait :

Acide sulfurique libre. .	2,991 =	Acide monohydraté	3,664
Acide chlorhydrique libre	0,4565		
Sulfate d'alumine.	1,667		
Sulfate de magnésie. . . .	0,961		
Sulfate de chaux.	0,340		
Sulfate de fer.	0,346		
Chlorure de sodium. . . .	0,679		
Silice.	0,183		
	7,6235 (1)		

(1) L'oxygène et l'hydrogène éliminés pour la constitution du chlorure de sodium = 0,105.

L'eau de la source thermale du Ruiz contient, en effet, les mêmes acides libres, les mêmes sels alcalins et terreux que l'eau du *Rio Vinagre*, mais en plus fortes proportions; ainsi elles renferment cinq fois autant d'acide sulfurique. Il convient cependant de faire remarquer que l'eau thermale du Puracé, surgissant sur un point inaccessible, n'a pu être recueillie pure. Toutefois la forte réaction acide qu'elle communique au torrent de Pasambiò fait présumer que son degré d'acidité ne le cède pas à celui de la source chaude du Ruiz.

Des observations que je viens de présenter il résulte que de l'acide sulfurique, de l'acide chlorhydrique libres existent dans les thermes, dans l'eau des torrents, des lagunes, aux alentours des volcans : du Puracé, du Pasto, du Tuqueres, du Ruiz. L'acide sulfurique produit en aussi fortes quantités ne saurait être attribué à la combustion lente de l'acide sulfhydrique accomplie dans les fumerolles; l'acide n'est ainsi formé qu'en faibles proportions et presque immédiatement combiné aux bases entrant dans la constitution des roches pour constituer des sulfates, notamment du sulfate d'alumine, de l'aluminite, tandis que les acides libres, sur lesquels j'appelle en ce moment l'attention de l'Académie et qui acidifient des masses d'eau si considérables, sont engendrés dans les foyers volcaniques, par suite de réactions que je chercherai bientôt à expliquer.

Le fait de leur apparition n'est pas limité aux terrains trachytiques des Cordillères intertropicales. Dans les républiques de Guatelama, de San Salvador, les volcans de Chinameca, de San Vicente, de Santa Ana émettent des boues chaudes et fluides riches en acide sulfurique [1].

J'ajouterai que Vauquelin a trouvé le même acide mêlé

[1] Dolfus et de Mont-Serrat, *Voyages géologiques dans les républiques de Guatemala et de San Salvador*. La température des boues volcaniques est de 97 à 98 degrés.

à l'acide chlorhydrique dans l'eau que Leschenaut avait puisée au sommet de l'Idgeng, l'un des volcans de Java, à l'altitude de 1950 mètres. « La profondeur du cratère est de plus de 100 mètres, et l'on voit, dit Leschenaut, vers le haut du gouffre, quatre bouches fumantes d'où sortent des flots de vapeurs acides qui se condensent et tombent dans le lac, dont les eaux deviennent tellement acides qu'elles attaquent tout ce qu'elles touchent; elles altèrent les laves en produisant des sulfates de chaux, de potasse, de fer, et de l'alun. A l'époque des pluies, le cratère-lac déborde dans la rivière Blanche, dont les eaux cessent alors d'être potables à cause de leur acidité [1]. »

Ainsi, dans l'Inde, comme dans l'Amérique méridionale, les sources chaudes sortant des volcans acidifient des torrents, des lacs : le Puracé, le Rio Pasambio; le Pasto, les chutes de Genoe; au mont Idgeny, des eaux accumulées au fond d'un cratère, puis une rivière importante. Enfin le cratère-lac du volcan de Tuqueres rappelle le cratère-lac du volcan de Java; les eaux acides, en agissant sur le trachyte, lui communiquent les teintes les plus variées, en le couvrant d'efflorescences salines.

Je décrirai maintenant des sources chaudes ayant généralement une réaction alcaline et que l'on voit aussi surgir des terrains volcaniques.

Deuxième Partie.

Thermes à eaux alcalines.

1. *Eau thermale de Coconuco* [2]. — La source chaude que j'ai observée près du village de Coconuco, à la base du volcan de Puracé, le therme de Cobalò, jaillit du sommet

---

[1] *Journal de Physique*, t. LXV, p. 406.
[2] Altitude de Coconuco, 2481 mètres.

d'un cône de fragments de trachyte agglomérés par une concrétion calcaire recouverte d'une pellicule brune, blanche à l'intérieur, fibreuse, translucide, offrant quelquefois l'aspect de la gomme ; çà et là elle est enduite de soufre pulvérulent.

Le trachyte de Coconuco est à pâte grise, enchâssant des cristaux effilés de pyroxène. Sa disposition en cône porte à croire qu'il a été brisé, soulevé lors de l'éruption de la source thermale. Le dégagement de gaz acide carbonique mêlé à de l'acide sulfhydrique est si abondant, si soutenu que l'on croirait l'eau en pleine ébullition. La température était de 72°,8. Vingt-quatre ans après, mon ami, le colonel Codazzi, l'a trouvée de 78°,8. Il y aurait eu, par conséquent, dans cet intervalle, une augmentation de 6 degrés. Il n'est pas établi jusqu'à présent que la température d'une source chaude soit invariable; il y a même lieu de croire le contraire, d'après les observations faites dans la chaîne du littoral de Venezuela et que je crois devoir rappeler ici.

En 1800, Humboldt prit la température de deux sources : l'une, celle de Mariara, près Maracay ; l'autre, celle de las Trincheras, à peu de distance de Puerto Cabello, où l'on voit encore, ce qui lui a fait donner son nom, des retranchements élevés par des flibustiers français qui, au XVII[e] siècle, saccagèrent la ville de Nueva Valencia. Voici la comparaison des observations de Humboldt avec les miennes :

Années.	Source de Mariara.	Source de las Trincheras.
1800	59°,2	90°,4
1823	64,0	96,9
Différences....	4,8	6,5

En mesurant la température d'une source thermale,

on est naturellement enclin à chercher l'endroit le plus chaud. Je fais cette remarque parce que, à Mariara, l'eau est captée dans plusieurs bassins pratiqués dans le granite. Le thermomètre indiqua 44, 57, 64 degrés; il peut donc rester quelque incertitude sur la température.

Pour la source de Mariara, l'incertitude est moindre, par la raison que l'eau sort du fond de deux petits bassins creusés dans le granite : dans l'un, on trouva 92°, 2, dans l'autre 96°,9; elle est nulle pour la source de Cobalò, parce qu'il n'y a qu'un seul point où l'on puisse placer le thermomètre; c'est une ouverture de 35 centimètres de diamètre, d'où l'eau jaillit sans intermittence; on doit donc admettre que l'accroissement de chaleur constaté par Codazzi est bien réel.

Une source thermale peut, je crois, être assimilée à un phénomène volcanique, et quand elle sort du trachyte, au pied d'un volcan actif tel que le Puracé, l'assimilation est parfaitement justifiée. Les gaz dégagés de l'eau thermale sont d'ailleurs identiques avec les gaz émis par les fumerolles, et, si les substances salines ne se rencontrent pas dans les exhalaisons des solfatares, c'est à cause de leur fixité; mais, en raison de leur solubilité, l'eau les dissout et les entraîne; quant à la chaleur des thermes, comme les foyers volcaniques, elle doit avoir des périodes d'intensité variable. Il est digne de remarque que l'augmentation de la température de la source de Cobalò coïncide avec un grand développement d'activité survenu dans le volcan de Puracé.

Dans 1 litre d'eau chaude de la source de Cobalò, j'ai dosé :

Sulfate de soude	3gr,89	
Chlorure de sodium	2,75	7gr,43
Bicarbonate de soude	0,69	
Carbonate de chaux	0,10	

Carbonate de magnésie	Indices.
Carbonate de manganèse...	
Silice	
Gaz acide carbonique	Quantités indéterminées.
Gaz acide sulfhydrique....	
Gaz azote	

Dans la concrétion déposée par l'eau thermale sur le trachyte, j'ai trouvé :

	gr
Carbonate de chaux......	74,2
Carbonate de manganèse..	21,0
Carbonate de magnésie....	4,0
Sulfate de soude et perte..	0,8
	100,0

Ce dépôt est une dolomie dans laquelle le carbonate de magnésie est en grande partie remplacé par le carbonate de manganèse.

2. *Eau thermale de l'Azufral du volcan de Puracé.* — On a vu que cette source est un peu au-dessous de l'*Azufral del Boqueron*; il s'en dégage un courant soutenu de gaz acide carbonique et de gaz acide sulfhydrique. L'eau, dont la température est de 50 degrés, ne renferme que des traces de matières salines.

3. *Source gazeuse du volcan de Pasto.* — Cette source très-abondante surgit du trachyte, à la base du volcan, à l'altitude de 2570 mètres; elle forme un ruisseau laissant déposer dans son parcours un calcaire exploité comme pierre à chaux; sa température est de 36 degrés.

Dans 1 litre on a dosé :

	gr
Bicarbonate de soude.... ..	0,88
Carbonate de chaux........	0,05
Carbonate de magnésie....	indices
Carbonate de fer.........	
	0,93

Acide carbonique, quantité indéterminée.

4. *Source thermale de Guachucal; volcan de Tuqueres.* — Température, 70 degrés. La source émet du gaz acide carbonique mêlé à du gaz acide sulfhydrique.

5. *Source de Lysco; volcan d'Antisana, sous l'Équateur.* — Température, 27°,2, celle de l'air étant de 13 degrés.

L'eau est très-chargée d'acide carbonique; elle dépose du carbonate de chaux légèrement ferrugineux, exploité comme pierre à chaux.

Ces sources acidulées, tenant en dissolution, à la faveur de l'acide carbonique, du carbonate de chaux, sont fort répandues dans les terrains ignés. Ainsi que les sources à sels alcalins, telles que l'eau thermale de Cobalò, elles ont ce caractère d'émettre du gaz acide carbonique mélangé d'acide sulfhydrique, précisément les gaz des fumerolles; souvent leurs eaux ne renferment pas de substances salines, bien différentes en cela des sources que je vais décrire avec détail, parce que les sels qui s'y trouvent, provenant non-seulement du terrain trachytique, mais des roches les plus diverses, jetteront probablement quelque jour sur les phénomènes qui se réalisent dans les foyers volcaniques, en laissant entrevoir l'origine des acides libres et des sels alcalins signalés dans certaines eaux thermales.

Troisième Partie.

Salines iodifères des Andes.

Ayant été chargé d'établir, dans le district de la vega de Supia, l'amalgamation de *patio*, pour le traitement des minerais argentifères, j'eus d'abord à me préoccuper des ressources que la contrée présentait sous le rapport de la production du sel, agent indispensable dans ce genre d'opérations.

Les distances et surtout les difficultés du transport, dues

au mauvais état des routes, ne permettaient pas de tirer le sel des riches gisements connus dans les Cordillères, et moins encore des marais salants de l'océan Pacifique. Je fus ainsi conduit à faire un examen attentif des nombreuses salines exploitées dans les provinces d'Antioquia et du Cauca. Je constatai alors ce fait, bien inattendu et en contradiction avec les idées reçues en Géologie, que le sel employé dans le pays aux usages domestiques provenait de sources salées sortant de roches cristallines : du granite, du gneiss, du micaschiste, de la syénite, du grunsteim porphyrique, et même, je l'ai reconnu plus tard, du trachyte, de la dolérite, et non pas d'argiles salifères, ou de sel gemme reposant sur des couches dépendant du terrain tertiaire, ainsi qu'il arrive à Wieliska, en Europe, et, en Amérique, pour les masses de sel réparties dans la Cordillère orientale des Andes, dont la plus importante, celle de Zipaquira, est en relation avec le calcaire néocomien [1].

Ces singulières salines d'Antioquia et du Cauca sont utiles, non-seulement par les produits qu'elles livrent à la consommation, mais aussi par la propriété antigoîtreuse du sel; propriété d'autant plus précieuse que, dans toute la chaîne des Andes, l'homme est généralement atteint du goître, dont la conséquence immédiate est, quoi qu'on ait dit, le crétinisme. Or, dans les localités où l'on fait usage du sel provenant des salines des roches cristallines, le goître est inconnu. Cet effet salutaire est dû à l'iode, dont, depuis longtemps, j'ai constaté la présence dans le sel d'Antioquia [2].

Les puits fournissant de l'eau salée iodifère sont nom-

---

[1] D'après les collections de fossiles rapportées par Humboldt, Dengelhardt et moi, fossiles étudiés par de Buch et d'Orbigny.

[2] Rapport sur les salines iodifères des Andes, adressé en 1830 au Ministre de la Guerre de la Nueva-Grenada.

breux. On en exploite plusieurs dans les environs de Medellin ; un des plus importants par sa production est celui de Guaca, ouvert dans un conglomérat supporté par la syénite. A peu de distance de Guaca, l'eau de la saline de Matasano sort d'un porphyre à pâte siliceuse parsemée de cristaux de feldspath et d'amphibole ; plus haut un puits, dit *de la Saline,* est dans un schiste amphibolique encastré dans la syénite. La saline de *Rio Grande,* sur le chemin de Medellin à Santa-Rosa-de-Osos, se trouve dans une belle variété de syénite, à l'altitude de 2620 mètres.

La ville de Rio Negro est sur un plateau de granite à mica noir ; on y exploite plusieurs salines : la principale est celle de Guarzo. C'est du même granite que sort une saline près du village de Sonson, au pied d'un paramo élevé de 3234 mètres, et sur l'arête de partage de la Cordillère centrale : c'est la continuation du paramo de Hervé, lié au nevado du volcan de Ruiz.

Le district de Supia est largement pourvu de salines : celles de Muela, de Yppe, del Peñol, del Ciruelo sont dans un conglomérat de peu d'épaisseur, assis sur la syénite porphyrique. A Mogan, l'eau salée se fait jour au pied d'un massif isolé de porphyre syénitique, *el Engurumà* ; elle a formé un dépôt calcaire d'une assez grande épaisseur.

Voici la composition de quelques-unes des eaux salées exploitées dans les environs de la vega de Supia, dans 1 litre :

	Muela.	Ciruelo.	Mogan.	Peñol.	Quinchia.	S-[illegible]
	gr	gr	gr	gr	gr	gr
Chlorure de sodium	4,08	11,76	6,26	7,90	8,30	3,6[illegible]
Sulfate de soude	1,94	0,00	3,82	0,00	0,90	4,4[illegible]
Bicarbonate de soude	0,23	0,00	0,10	0,00	0,00	0,1[illegible]
Carbonates de chaux et de magnésie	0,04	0,00	0,39	0,00	0,80	0,2[illegible]
Chlorure de calcium	0,00	2,21	0,00	1,82	0,00	0,0[illegible]
Chlorure de magnésium	0,00	0,76	0,00	0,08	0,00	0,0[illegible]
Sulfate de chaux	0,00	1,83	0,00	0,55	0,00	0,0[illegible]
Iode	indice	indice	indice	indice	indice	indi[illegible]
	6,29	16,56	10,57	10,38	10,00	8,4[illegible]

La province de Popayan a aussi ses salines iodifères ; l'eau de la source d'Asnenga, près Pitayo, donne un sel employé avec succès contre les affections goîtreuses ; elle sort de la syénite ; dans 1 litre on a dosé :

	gr
Chlorure de sodium	1,42
Bicarbonate de soude	0,36
Sulfate de soude	0,14
Carbonate de chaux et de magnésie	0,06
Silice	0,02
Iode	forte trace.
	2,00

La chaude et insalubre vallée de Patia possède des salines dans la syénite et dans le grunstein porphyrique, mais l'exploitation n'en est plus avantageuse, à cause de la concurrence du sel de Mira, que l'on extrait sur la limite de la Nouvelle-Grenade et de l'État de l'Équateur. En sortant de Cumbal, on passe d'abord par Tulcan et Guacà ; après avoir gravi le paramo del Boliche ([1]), on descend à Tusà. On parcourt alors une alluvion sablonneuse, sillonnée par des torrents dont le lit est très-profond. Par exemple, au Rio Chotà, dans une région tempérée, l'altitude n'est plus que de 1620 mètres. En suivant une rampe étroite, on arrive au torrent d'Ambi, creusé dans un trachyte noir, à pâte pyroxénique, contenant du feldspath vitreux et fissuré dans tous les sens, d'où sortent des sources salées. On monte alors sans discontinuer jusqu'au village de *Salinas*, à 3 lieues au nord de la ville d'Ibarrà, dans une grande plaine de sable qui entoure le pic neigeux de Cotocachi ([2]). La zone salifère de l'alluvion trachytique est assez circonscrite ; c'est la superficie que l'on lessive pour en extraire du sel que l'on moule en

---

([1]) Paramo del Boliche, altitude 3500 mètres.
([2]) Altitude du Cotocachi, 5000 mètres.

pains de 1 à 2 kilogrammes, et que l'on cuit dans un foyer, afin de leur donner de la consistance pour en faciliter le transport. La terre lessivée est remise sur le sol, et l'on m'a affirmé que, après quelques mois, elle rend de nouveau du sel par la lixiviation, ce qui tendrait à faire supposer que l'eau salée vient d'en bas et qu'elle se concentre par une évaporation spontanée; aussi n'est-il pas rare, dans la saison sèche, de voir le sol couvert d'efflorescences. On assure que du terrain salifère compris entre les villages de Salinas et de Mira, d'une étendue de 3 à 4 lieues carrées, on retire 4000 cargas de sel ([1]).

Au sud d'Ibarrà, sur le plateau de Quito, où sont groupés les volcans de l'Équateur, on connaît des salines iodifères sortant toutes du trachyte, et à la base du Tunguragua ([2]), sur le chemin qui conduit aux missions de la rivière des Amazones, près des eaux thermales de los Baños, dont la température est de 54°,4, à l'altitude de 1910 mètres, on retire d'une source froide nommée *Batoun* un sel employé en Médecine.

Dans 1 litre de l'eau de Batoun, on a trouvé :

	gr
Sulfate de soude	4,09
Chlorure de sodium	1,58
Sulfate de magnésie	1,24
Sulfate de chaux	0,97
Iode	indice
	7,88

Le versant méridional du Chimborazo est riche en sources salines iodifères; près de Guaranda, à las Salinas, les Indiens du village de Simietung dirigent sur des prés, pour qu'elles s'y évaporent, des eaux salées suintant du trachyte. On obtient ainsi un sel d'une remarquable blancheur, ayant la faculté de préserver du goître; on

([1]) La carga de sel équivaut à 10 arrobas.
([2]) Altitude de Tunguragua, 5112 mètres.

l'exporte jusqu'à la province de los Pastos. La production pourrait être très-élevée, tant l'eau salée est abondante, mais le bas prix du sel des marais salants de la côte du Pérou est un obstacle à ce que l'industrie des Indiens de Simietung prenne une grande extension.

Dans les eaux des salines iodifères, je me suis borné à doser les sels qui s'y trouvent en notables proportions : aussi, à l'exception de l'iode, dont la moindre trace est révélée par une réaction nette et facile, les substances existant en très-faibles quantités avaient dû échapper à l'analyse ; pour les déceler, il eût fallu concentrer un volume d'eau considérable, opération impraticable pour un voyageur. Fort heureusement que, dans les salines d'Antioquia, on recueille avec soin une eau mère, connue à cause de sa consistance, sous le nom d'*Aceyte de sal* (huile de sel), spécifique excellent pour la guérison du goître. Dans cette eau mère venant d'une saline des environs de Medellin, que l'on m'a envoyée récemment, je suis parvenu à doser le brome, l'iode, la potasse, l'ammoniaque, et à reconnaître par l'analyse spectrale l'existence de la lithine. Ces substances entrent, par conséquent, dans l'eau des salines iodifères des Andes.

L'eau mère, à la température de 21 degrés, avait une densité de 1,2469.

De 100 grammes j'ai obtenu :

Chlore	13^gr^,6124		
Brome	0,3092		
Iode	0,0090		
Acide sulfurique	3,5480		
Soude	10,5860	= Sodium	7^gr^,8544
Potasse	4,0735	= Potassium	3,3816
Chaux	0,1220		
Magnésie	1,1930	= Magnésium	0,7160
Ammoniaque	0,0250		
Lithine	indice		
	33,4781		

100 grammes d'eau mère ont laissé : matières fixes. 30,765.

En traitant cette eau par l'acide sulfurique, on en a retiré du brome.

Le poids des matières fixes extraites par l'évaporation ne saurait être très-exact, on le conçoit; mais la forte différence que présente la pesée directe, comparée à la somme des substances dosées, vient ici de ce que l'on a calculé à l'état d'oxyde des métaux combinés, en totalité ou en partie, au chlore, au brome, à l'iode.

En supposant que le chlore constitue du chlorure de sodium, que le brome et l'iode sont unis au magnésium, la chaux et la potasse à l'acide sulfurique, que l'ammoniaque forme du chlorhydrate, on aurait, dans 100 grammes d'eau mère :

	gr
Chlorure de sodium........	19,9564
Chlorure de magnésium	1,9360
Chlorhydrate d'ammoniaque.	0,0787
Bromure de magnésium.....	0,3556
Iodure de magnésium.......	0,0100
Sulfate de potasse	7,5324
Sulfate de chaux	0,2966
Sulfate de soude.....	0,0257
Magnésie en excès...... ...	0,3000
Lithine.............. ..	indice
	30,4914 (1)

(1) Je crois devoir faire remarquer l'analogie de l'eau mère de la saline d'Antioquia avec l'eau de la mer Morte ou lac Asphaltite, dans laquelle j'ai trouvé, pour 100 :

Chlorure de sodium.... ...	6,496	
Chlorure de magnésium....	10,729	
Chlorure de calcium......	3,559	
Chlorure de potassium.....	1,611	
Bromure de magnésium ...	0,331	= Brome.. 0,286
Sulfate de chaux...........	0,042	
Nitrate...........	0,000	
Iodures...................	0,000	
	22,768	

Je n'y ai pas rencontré d'iode, et Gmelin, dans une analyse dont les re-

Les salines iodifères résultent d'un lavage opéré par l'infiltration d'eaux venant de l'extérieur. Les sels solubles doivent être d'ailleurs très-inégalement répartis dans les terrains, puisque toutes les sources ne sont pas salées. C'est par un contact prolongé avec les roches qu'elle traverse que l'eau enlève les principes solubles ; en suintant peu à peu, elle remplit des cavités naturelles ou des puits creusés pour les capter. On pourra juger de la lenteur de son mouvement par un jaugeage exécuté à la saline de Guaca, près Medellin.

Le puits avait une capacité de 4460 litres, il se remplissait en sept heures ; la surface du fond et des parois était de $16^{mq},7$: par conséquent, en une heure et par mètre carré, il suintait 38 litres d'eau salée ; c'est, on le voit, un assez faible débit ; cependant la saline de Guaca passe pour une des plus productives.

Les salines que je viens de décrire sont réparties sur une grande étendue ; je les ai suivies depuis le septième degré de latitude nord jusqu'au quatrième degré de latitude australe. Toutefois il y a ce fait curieux à signaler, c'est que dans la Cordillère centrale, dans les Andes avant leur ramification, le gneiss, le granite, le micaschiste, la syénite, les porphyres sont rapprochés du trachyte et fréquemment en relation avec les terrains ignés. Au contraire, on ne connaît pas de sources salées analogues dans la chaîne littorale de Venezuela, dans la Cordillère orientale, où ces mêmes roches sont très-développées, puisqu'on les suit depuis le niveau de la mer jusqu'aux cimes neigeuses de la sierra de Merida, mais où le trachyte manque complétement.

---

sultats s'accordent avec ceux que j'ai obtenus, n'en a pas rencontré non plus.

L'eau mère d'Antioquia est notablement plus riche en brome que l'eau de la mer Morte, que déjà, cependant, on peut considérer comme une source importante de ce métalloïde.

Ainsi les roches cristallines, telles que le gneiss, le granite, etc., renferment, dans une situation bien définie, des sels alcalins qui se rencontrent également, soit dans les foyers des volcans, soit dans les roches voisines de ces foyers, comme le prouve la constitution des eaux thermales, et il y a ceci de remarquable, que les thermes persistent alors même que l'activité volcanique a disparu; de sorte que l'on est conduit à se demander si leur chaleur est due au feu des volcans ou à la température interne de la Terre. Du reste, je ne crois pas possible d'établir une distinction bien nette entre ces deux sources de chaleur, distinction qui n'est pas nécessaire pour la discussion dans laquelle je vais entrer, afin d'établir, en me fondant sur la composition et sur le débit des thermes, combien doivent être considérables les quantités de chlorures et de sulfates alcalins, ou, si l'on veut, de chlore et de soufre accumulés dans les roches.

Je commencerai par la source chaude de Cobalò, près du volcan de Puracé : on estime qu'elle débite au moins 50 mètres cubes d'eau en vingt-quatre heures; d'après l'analyse rapportée plus haut, il entre dans 1 litre :

Sulfate de soude.............	3,89 gr
Chlorure de sodium	2,75
Bicarbonate de soude.........	0,63
	7,27

Chaque jour l'eau de Cobalò entraînerait donc 364 kilogrammes de sels de soude.

En Europe, on connaît des thermes nombreux analogues à celui de Puracé. J'en citerai quelques-uns :

Sources de Vichy. — Les sept sources principales débitent en vingt-quatre heures 259 mètres cubes.

Par litre, ces eaux contiennent :

Bicarbonate de soude	5,75 gr
Chlorure de sodium...............	0,56
Sulfate de soude.................	0,28
	6,59

Les sels de soude amenés par jour à la surface de la Terre pèseraient 1708 kilogrammes.

Les eaux thermales de Vichy émanent très-probablement du terrain volcanique de l'Auvergne ou des roches cristallines qui l'avoisinent.

Sources de Saint-Nectaire (Puy-de-Dôme). — Ces sources jaillissent du gneiss à une température de 19 à 32 degrés.

En vingt-quatre heures, elles produisent 237 mètres cubes d'eau, contenant par litre :

Bicarbonate de soude.............	2,83 gr
Chlorure de sodium..............	0,20
Sulfate de soude.................	0,16
	3,19

Ce serait, par jour, une émission de 756 kilogrammes de sels de soude.

Eaux thermales du mont Dore (température 45 degrés). — La source du puits César donne en vingt-quatre heures 56 mètres cubes, tenant par litre :

Bicarbonate de soude.............	0,63 gr
Chlorure de sodium..............	3,29
Sulfate de soude.................	0,66
	4,55

Ce serait une émission, par jour, de 255 kilogrammes de sels de soude.

Les thermes, d'après les quelques faits que je viens de rappeler, apportent, de l'intérieur à la surface de la Terre, des quantités considérables de sels de soude, et si l'on réfléchit que cet apport est continu, qu'il dure depuis des siècles, on en conclura que les roches au milieu desquelles naissent les sources chaudes sont bien riches en sels alcalins préexistants ou formés par une action exercée sur les espèces minérales qui les constituent. Que les thermes

enlèvent à ces roches des sels préexistants ou constitués par une réaction, toujours est-il que l'eau en est le véhicule, et, comme elle intervient non-seulement dans les sources thermales qu'elle alimente, mais encore dans les phénomènes volcaniques, il convient d'en préciser l'origine.

L'extraordinaire et incessante abondance des sources chaudes, les énormes masses de boues liquides rejetées par les volcans font admettre sans discussion que, dans ces circonstances, l'eau vient de la surface de la Terre : c'est de l'eau provenant de la condensation de la vapeur contenue dans l'atmosphère, en un mot, de l'eau météorique. En admettant son intervention dans des actions accomplies dans l'intérieur du sol, à de grandes profondeurs, il reste à montrer où sont les réservoirs capables d'alimenter les thermes et les volcans. Ces immenses gisements d'eau, qui ont tant à fournir, se trouvent dans les montagnes, sur les hauts plateaux, dans les glaciers, dans les neiges éternelles accumulées sur les sommets les plus élevés, et qui, pour le dire en passant, ne sont éternelles que parce qu'elles sont sans cesse renouvelées. Ce sont aussi là les sources permanentes des ruisseaux, des torrents, des rivières, des fleuves.

Dans les Andes intertropicales, où les phénomènes météorologiques sont si réguliers, si constants, on étudie aisément, à de grandes altitudes, ces amas d'eau liquide ou concrète, suspendus au-dessus des vallées et des plaines. En escaladant une chaîne des Cordillères, on atteint généralement l'arête de partage à la hauteur de 3000 à 4000 mètres : c'est la région des nuages ; la température moyenne varie de 7 à 4 degrés ; il y pleut, il y neige, il y grêle presque tous les jours.

En décrivant mon ascension au volcan du Puracé, j'ai dit qu'aux Pajonales, à l'altitude de 3550 mètres, il tomba de la neige mêlée de grêlons, et que, au-dessus de l'Azufral, deux fois le vent m'avait renversé.

Si j'ai mentionné ces incidents, c'est que, s'étant reproduits pour d'autres explorateurs du Puracé, il est permis d'en inférer que, à cette station, l'état météorologique que j'ai signalé est assez fréquent. En effet, en 1800, Humboldt, en traversant le Pajonal, reçut une forte pluie mêlée de grêlons de 16 à 18 millimètres de diamètre; arrivé au Nevado, le vent le jeta violemment sur la neige. Cinquante-cinq ans après, le colonel Codazzi, à la même place, fut assailli par une bourrasque de grêlons, et à la limite inférieure du Nevado il fut terrassé par le vent comme nous l'avions été Humboldt et moi. Les Indiens qui lui servaient de guides étaient tellement effrayés par la crainte d'être poussés dans une fissure de l'Azufral qu'ils n'osaient plus se tenir debout. Codazzi trouva qu'un morceau d'étoffe entraîné par le vent parcourait un espace de 20 mètres en une seconde, ce qui donnerait une vitesse de 72 kilomètres à l'heure.

Des observations faites à ma recommandation, pendant une année, par M. Aguirre, dans la métairie d'Antisana, à l'altitude de 4200 mètres, établissent d'ailleurs la fréquence de la pluie, de la neige, de la grêle dans ces régions élevées.

Le faîte d'une montagne dans les Andes a le plus ordinairement une largeur de 2 à 3 milles. Au-dessus de 4800 mètres apparaissent les *nevados*. Dans la Cordillère centrale, entre le Tolima et le Ruiz, aux époques où des neiges sporadiques relient ces volcans, la zone couverte de glace a, d'après mes mesures, une surface de 6 à 7 lieues carrées, et si l'on considère que la différence entre la limite supérieure et la limite inférieure d'un nevado est quelquefois de 1100 mètres, on se formera une idée de l'énorme volume de neiges accumulées sur les sommets et sur les pentes des Cordillères.

La neige d'un nevado fond constamment : en haut par la chaleur solaire, durant les jours sereins; en bas, par

son contact avec la roche qui la supporte: et si son niveau supérieur ne varie pas, en apparence du moins, c'est que, pendant des semaines, pendant des mois, le nevado, comme enseveli dans les nuages, devenu invisible, reçoit d'abondantes névées. La preuve, c'est qu'après cette occultation, dès que l'atmosphère recouvre sa transparence, on constate que la neige descend bien au-dessous de sa limite inférieure moyenne.

Dans les Andes, les bouches des volcans situés à de grandes hauteurs sont près et quelquefois au milieu même des neiges perpétuelles. Il en est ainsi du Tolima, du Ruiz, du Puracé, du Cumbal, où des vapeurs de soufre brûlent dans une enceinte de glace. Je puis ajouter que le cratère du Cotopaxi, où je suis parvenu à l'altitude de 5716 mètres, est dominé par un cône de neige; enfin l'Antisana est entouré de monceaux de glace, sur lesquels mon baromètre indiqua une hauteur de 5600 mètres.

Les volcans dont l'altitude n'atteint pas celle des Nevados, comme le Pasto, le Tuqueres, le Pichincha, sont environnés de plateaux marécageux, de *pantanos*. En somme, l'eau est partout dans la proximité des volcans des Andes, et il est hors de doute qu'elle intervient dans les phénomènes volcaniques ; c'est du reste ce qu'admettent la plupart des géologues, en faisant concourir l'eau de la mer aux éruptions du Vésuve, de l'Etna, du Stromboli, etc.

L'eau, en s'infiltrant avec lenteur, fournit de la vapeur aux fumerolles, aux solfatares. A ces manifestations peu intenses, à cet état de repos succèdent subitement les éruptions les plus violentes, les plus désastreuses : c'est quand, par un ébranlement du sol, l'eau, la neige qui entourent ou recouvrent le volcan, pénètrent par de larges fissures dans le foyer souterrain : aussi observe-t-on que les tremblements de terre sont souvent les signes précurseurs des grandes éruptions. Alors les neiges disparaissent, d'énormes avalanches, des torrents de boue (*moya*) roulent sur la

pente de la montagne, pendant que du cratère sont lancés des blocs de trachytes incandescents. Durant ces paroxysmes, les montagnes sont si fortement ébranlées qu'il arrive que leurs sommets les plus saillants, et par cela même les moins étayés, se détachent, descendent dans les vallées, où leurs débris forment les *rumipambas*, ces champs de pierres que l'on prendrait pour des moraines d'anciens glaciers, si l'on n'avait pas assisté à la catastrophe qui les a amenés. C'est ainsi que s'écroula le Capac-Urcu, dont l'altitude dépassait autrefois celle du Chimborazo.

Les académiciens français envoyés au Pérou pour mesurer les trois premiers degrés du méridien furent témoins d'une de ces formidables commotions. C'était le 15 juin 1742.

Campés près d'un signal placé sur le Pichincha, ils virent, le matin, un tourbillon de fumée s'élever du Cotopaxi. Une partie des neiges entassées depuis des siècles entrèrent en fusion, inondèrent le pays. En 1743 et 1744, de nouvelles éruptions furent plus terribles encore : des cataractes de feu sortirent des flancs du volcan; une masse d'eau en ébullition couvrit, en quelques minutes, plusieurs lieues carrées, en roulant pêle-mêle avec elle des blocs de glace et de rochers [1].

Les fortes éruptions du Puracé occasionnent aussi la fusion des neiges; c'est ce que l'on vit en 1869 : leur niveau supérieur baissa de 300 mètres; sur certains points, la roche fut mise à nu.

C'est par l'eau sortant d'immenses glaciers et rencontrant dans son parcours de profondes crevasses où elle est échauffée, réduite en vapeur, que M. Bunsen explique les thermes, les *suffioni*, les geysers de l'Islande [2]. L'eau in-

---

[1] De la Condamine, *Journal du voyage fait, par l'ordre du roi, à l'Équateur*, p. 156.

[2] *Recherches sur les rapports intrinsèques des phénomènes pseudo-volcaniques de l'Islande.* (*Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. XXXVIII, p. 385.)

3.

tervient aussi dans les volcans de Java, dont les produits rappellent ceux des volcans des Andes équatoriales : boues liquides, pierres incandescentes, cendres sèches et, ce qui est surtout très-caractéristique, absence de laves. L'eau est émise en si prodigieuse quantité par les cratères, par les sources thermales, qu'il est réellement impossible de supposer qu'elle ne vienne pas de l'extérieur : des mers, lorsque les volcans sont près d'un littoral, à une faible altitude ; de l'atmosphère, c'est-à-dire des pluies, des neiges. des lacs quand les bouches ignivomes sont ouvertes à des hauteurs de 3000 à 6000 mètres, ainsi qu'il arrive dans les Cordillères. C'est, au reste, l'opinion qu'adopta Gay-Lussac lorsqu'il se trouva en présence du Vésuve, avec Humboldt, de Buch, et le futur libérateur de l'Amérique du Sud, Bolivar.

Quatrième Partie.

Les volcans des Andes équatoriales ont une constitution géologique des plus simples ; rien n'y fait présumer des phénomènes de métamorphisme. Loin des bouches, des fumerolles, on observe des basaltes, des obsidiennes, des ponces placés en dehors du cercle de l'action volcanique actuelle ; des laves, je n'en ai vu nulle part. La fameuse coulée de l'Antisana, décrite par Humboldt, est une large bande de menus fragments de trachyte, à angles vifs, indiquant qu'ils n'ont été ni fondus, ni roulés, et que je ne puis mieux comparer qu'aux matériaux d'un empierrement de route attendant le rouleau compresseur. Au lieu de laves on voit des boues (*moyas*) consolidées, superposées en strates dont l'épaisseur dépend de l'intensité des éruptions ; elles recouvrent la pente des montagnes, occupent le fond des vallées, s'étendent au loin et, profondément coupées par des effets d'érosion, elles offrent, comme les laves, des lambeaux isolés, sans lien avec leurs points d'émission.

La roche dominante, je pourrais dire la roche unique des volcans de l'Équateur est le trachyte, que M. Bunsen, dans son beau travail sur l'Islande, divise en deux groupes : le trachyte normal, mélange de bisilicate d'alumine et de silicates alcalins ; la roche pyroxénique normale, réunion de silicates basiques d'alumine et de fer mêlés à la chaux, à la magnésie, à la potasse, à la soude.

Ces groupes auraient pour composition moyenne :

	Trachyte normal.	Roche pyroxénique normale.
Silice	76,67	48,47
Alumine et FeO	14,23	30,16
Chaux	1,44	11,87
Magnésie	0,28	6,89
Potasse	3,20	0,65
Soude	4,18	1,96
	100,00	100,00

Le trachyte est donc une roche très-acide, relativement à la roche pyroxénique.

L'obsidienne noire d'Islande a la composition du trachyte normal du même système volcanique. Cette composition est aussi celle de l'obsidienne du Puracé, analysée par M. Joseph Boussingault.

	Obsidienne d'Islande.	Obsidienne du Puracé.
Silice	75,77	75,0
Alumine	10,29	10,7
Oxyde de fer FeO	3,85	2,7
Chaux	1,82	»
Magnésie	0,25	3,0
Potasse	2,46	4,9
Soude	5,56	3,0
Chlore	»	traces
	100,00	99,3

On doit à MM. Herman, Abich et Ramelsberg l'analyse de deux roches trachytiques prises sur le Chimborazo, la première à 4930, la seconde à 5820 mètres d'altitude.

	Abich.	Ramelsberg.
Silice	65,0	59,1
Alumine	16,0	13,5
Oxyde de fer FeO	5,8	7,3
Chaux	2,6	6,5
Magnésie	4,1	5,4
Potasse	2,0	2,6
Soude	4,5	3,5
Eau, chlore	0,4	»
	100,4	97,9

En supposant que l'alumine appartient à l'élément feldspathique, M. Gustave Rose en déduit que les roches du Chimborazo, de l'Antisana et du Rucupichincha peuvent être considérées comme formées de :

Oligoclase	58,66
Augite	35,14
Silice	4,08
	97,88

composition assignée au trachyte de Ténériffe par M. Charles Sainte-Claire Deville.

L'obsidienne est évidemment un trachyte normal.

Obsidienne.	Inde (¹).	Platilla (Mexique) (²).	Guadalupe (¹).
Silice	70,3	73,6	74,1
Alumine	8,6	14,2	10,4
Chaux	4,6	»	2,1
A reporter	83,5	87,8	86,6

(¹) Damour.

(²) Charles Sainte-Claire Deville.

Obsidienne.	Inde.	Platilla. (Mexique).	Guadalupe.
Report....	83,5	87,8	86,6
Magnésie................	1,7	1,4	0,4
Oxydes de fer, de manganèse.	10,8	1,8	7,7
Potasse................	»	4,4	1,1
Soude..................	3,3	4,6	4,8
Chlore.................	»	0,1	»
	99,3	100,1	100,6

Les recherches que nous avons faites M. Damour et moi sur la cause de la tuméfaction de l'obsidienne nous ont conduits à doser le chlore et l'eau dans ce minéral. J'en reproduirai ici les résultats :

	Chlore exprimé en chlorure de sodium.	Eau.
Cerro de las Navajas (Mexique)..	0,0041	0,00277
Platilla (Mexique)............	0,0022	0,00636
Siccipamba (Équateur)........	0,0035	0,00121
Lipari......................	0,0044	0,00471
Islande.....................	0,0031	0,00394 (¹).

Ainsi que les trachytes et les roches pyroxéniques du Chimborazo, de l'Antisana, les obsidiennes contiennent de l'eau et du chlore. J'ajouterai que les basaltes, les dolérites, les ponces chauffés au rouge fournissent de l'eau acidulée par de l'acide chlorhydrique.

Si j'ai autant insisté sur la nature des roches, sur les substances qu'on y rencontre à côté des espèces minérales qui les constituent, c'est pour établir que, dans le granite, le gneiss, la syénite, le grunstein porphyrique en relation, soit avec le trachyte, soit avec les roches pyroxéniques, il existe des chlorures et des sulfates que l'eau peut dissoudre, comme le prouvent les thermes et les salines iodifères

(¹) Boussingault et Damour, *Annales de Chimie et de Physique*, 4ᵉ série, t. XXIX, p. 543.

répartis dans les divers groupes des terrains cristallins: les laves mêmes en contiennent à leur sortie des cratères. Dans des masses de sel marin rejetées par le Vésuve en 1822, Laugier trouva jusqu'à 0,10 de chlorure de potassium. A ces matières salines il convient d'ajouter le chlorhydrate d'ammoniaque, dont j'ai reconnu la présence dans les salines iodifères sortant du granite, de la syénite, du trachyte.

Les sels ammoniacaux appartiennent certainement aux productions volcaniques. Une lave vomie par l'Etna en 1635 en apporta de fortes quantités; en 1811 ce sel apparut en telle abondance qu'on put en approvisionner amplement les ateliers et les pharmacies de la Sicile. Dans la Tartarie centrale, on connaît deux volcans, véritables mines de sel ammoniac, exploitées par les Kalmouks qui en exportent les produits dans toute l'Asie ([1]).

Pour la question que je traite en ce moment, il n'est pas indispensable de connaître la source des matières salines disséminées dans les roches; il importe peu de savoir si les chlorures y ont été introduits par l'eau des mers; si les sulfates y préexistaient, ou s'ils sont dus à l'action du soufre sur les espèces minérales; je n'ai pas, en un mot, à discuter si les sulfates procèdent du soufre, ou le soufre des sulfates; ce que j'admets, on ne saurait le contester, c'est que, dans un foyer volcanique, des sels alcalins, de la vapeur aqueuse, des roches à silicates acides se trouvent en présence à une température élevée. Ces conditions étant posées, je me borne à rechercher comment il arrive que de l'acide chlorhydrique libre, de l'acide sulfurique libre soient élaborés en quantité assez forte pour acidifier des sources thermales communiquant ensuite leur acidité à de volumineux cours d'eau, à des torrents, à des lacs.

([1]) *Journal asiatique*, juillet 1824.

La formation de l'acide chlorhydrique dans un foyer où un chlorure est en contact avec les silicates d'un trachyte et de la vapeur aqueuse est la conséquence de ce fait découvert par Gay-Lussac et Thenard : que le sel marin mélangé à de la silice est décomposé au rouge par l'eau en vapeur, le chlore uni au sodium étant éliminé à l'état de gaz chlorhydrique. Si la vapeur n'est pas condensée, elle formera de ces jets continus, chargés d'acide, que l'on voit surgir de certains cratères; si, au contraire, la vapeur acide traverse une zone dans laquelle elle puisse être liquéfiée, on aura de l'eau chaude acide, un therme semblable à ceux du Puracé et du Ruiz. Toutefois les eaux thermales ne renferment pas uniquement de l'acide chlorhydrique libre : il s'y trouve aussi de l'acide sulfurique libre dont la présence n'est pas aussi facile à expliquer quand on renonce à l'attribuer à la combustion lente de l'acide sulfhydrique des solfatares, exigeant d'ailleurs l'intervention de l'atmosphère et ne donnant, en réalité, que des quantités d'acide insignifiantes si on les compare à celles venant de l'intérieur des volcans, puisqu'un seul cours d'eau, le Rio Vinagre, entraîne chaque jour des milliers de kilogrammes d'acide sulfurique.

Sans doute, des sulfates ainsi que des chlorures existent dans les trachytes, dans les roches pyroxéniques; mais par cela même que ce sont des oxysels, ils ne se comportent pas, au rouge, avec la silice et la vapeur d'eau, comme les sels haloïdes. En les fondant avec des matières siliceuses, on les vitrifie, les bases forment des silicates, l'acide sulfurique est expulsé, dissocié en acide sulfureux et en gaz oxygène. La décomposition exige une forte chaleur; elle est rarement complète : aussi Pelouze a-t-il toujours rencontré du sulfate de soude dans les produits de la verrerie fabriqués avec ce sel [1]. J'ai d'ailleurs constaté qu'à une

---

[1] Pelouze, *Annales de Chimie et de Physique*, 4e série, t. V, p. 469.

température approchant de celle de la fusion du fer les sulfates alcalins et terreux sont détruits sans le concours de la silice. Il en ressort que, dans le cas où un sulfate viendrait à être vitrifié dans un foyer volcanique, ce ne serait pas de l'acide sulfurique qui s'en dégagerait, mais ses éléments : du gaz acide sulfureux et du gaz oxygène qu'absorberait vraisemblablement l'oxyde ferreux contenu dans les roches. Cette décomposition, cette dissociation de l'acide sulfurique, dans la condition que je viens d'indiquer, pourrait bien être l'origine du gaz acide sulfureux observé dans les cratères, dans les fumerolles où l'on ne voit pas brûler le soufre.

Il resterait à savoir si, dans les volcans, la chaleur est assez forte pour vitrifier les sulfates. Malheureusement, sur ce point, on manque de renseignements; les récits des voyageurs sont ou insuffisants ou empreints d'exagération: des cataractes, des torrents de feu, des millions de pierres échauffées au rouge, des laves liquéfiées brillant d'un éclat comparable à la lumière du Soleil ([1]). Ce qu'il y a de vague dans ces expressions tient à ce que les géologues ne sont pas tous familiarisés avec une notion qui permet au chimiste, au métallurgiste de juger approximativement les hautes températures par « la couleur du feu ».

Dans la limite de mes observations, les blocs de trachyte, les cendres expulsées par les bouches ignivomes seraient ordinairement au rouge-cerise. Il est vrai, et je m'empresse de le faire remarquer, que les matières rejetées ne conservent pas la température qu'elles possédaient avant leur projection; toujours est-il que l'état où elles se trouvent à leur sortie du volcan permet d'estimer l'intensité de la chaleur à laquelle elles ont été soumises; ainsi les arêtes vives des fragments de trachyte sont évidemment

---

([1]) De la Condamine, *Journal;* Clark, dans la *Géologie de Lycle*, 3ᵉ Partie. (Traduction.)

la preuve que cette roche n'a pas été exposée à un feu capable d'en opérer la fusion. La transparence, l'éclat vitreux des obsidiennes que l'on ramasse au pied du Puracé ou que l'on observe en gisements importants à Siccipamba, près du Cotopaxi, indiquent que l'incandescence de ce minéral n'a pas dépassé le rouge-cerise vif et, à plus forte raison, le rouge-orange, parce que, aux températures où ces nuances se manifestent, l'obsidienne éprouve un changement d'aspect des plus prononcés. Maintenue au rouge naissant, elle ne subit aucun changement. J'en ai laissé pendant huit jours dans un four à recuire les creusets destinés à la fonte de l'acier, au rouge sombre, sans qu'il en soit résulté autre chose qu'un léger affaiblissement dans l'éclat vitreux. Au rouge-orange, au contraire, l'obsidienne est instantanément tuméfiée en une masse spongieuse, incolore, remplie de vacuoles. C'est une sorte d'explosion occasionnée, ainsi que nous l'avons prouvé, M. Damour et moi, par une émission subite de vapeur d'eau et de gaz chlorhydrique, qui a lieu aussitôt que la cohésion du minéral, affaiblie par la chaleur, cesse d'être un obstacle à l'expansion de ces fluides élastiques. Toutefois, entre le rouge sombre et le rouge-cerise, chaleurs insuffisantes pour déterminer une expansion subite, la force de cohésion est cependant assez atténuée pour que, par la tension exercée à l'intérieur, l'obsidienne augmente graduellement de volume; en deux ou trois jours, elle acquiert l'apparence de certaines variétés de ponce. Au reste, il est aisé de reconnaître si l'état du minéral a été modifié par l'effet d'une température de 800 degrés (rouge-cerise) ou par l'effet d'une température de 1100 degrés (rouge-orange).

Ainsi, sur la pente du Pasto, j'ai ramassé des obsidiennes noires, translucides. La zone incandescente traversée par ces pierres ayant conservé leur éclat devait être, ainsi qu'au Puracé, à une température inférieure à

celle répondant à la nuance rouge-cerise. Aux bords d'une fissure, j'ai trouvé, mêlées à des fragments de trachyte disposés en talus, des obsidiennes boursouflées; elles avaient certainement été exposées au rouge-orange, mais non pas à une chaleur supérieure, parce qu'au rouge blanc une obsidienne tuméfiée fond en un verre homogène et transparent.

Du peu de fluidité des laves il ne faudrait pas en déduire que leur température n'est pas très-élevée; au reste, on a été bien renseigné sur le degré de chaleur qu'elles peuvent acquérir, par un chimiste illustre connaissant bien les « couleurs du feu ». Sir H. Davy, lors des éruptions du Vésuve, en 1820, vit au point d'émission une lave couler au rouge blanc, température égale, sinon supérieure, à celle de la fusion de la fonte de fer. En rapprochant cette indication précise des observations sur l'état physique des obsidiennes rejetées par le Puracé et par le Pasto, on est autorisé à croire que, dans un volcan, la chaleur est dans certains cas insuffisante, dans d'autres cas, assez intense pour opérer la vitrification des sulfates par la silice des trachytes; dans cette dernière condition, il est clair que l'acide sulfurique serait dissocié. Pour que de l'acide soit éliminé en nature, il faut que la décomposition des sulfates ait lieu à un degré de chaleur inférieur, ou tout au plus limite du degré auquel commence la dissociation.

La concomitance des acides chlorhydrique et sulfurique libres dans les eaux thermales émanant des volcans fait supposer que la décomposition des sulfates est solidaire de la décomposition des chlorures; et puisque ces derniers sels, en contact avec de la silice, au rouge, les éléments de l'eau intervenant, donnent du gaz chlorhydrique, on pouvait admettre que cet acide, une fois formé, agissait sur les sulfates et en expulsait de l'acide sulfurique échappé à la dissociation.

A ces suppositions on devait naturellement objecter

que le gaz chlorhydrique n'attaque pas les sulfates alcalins quand ils ne sont pas dissous. Cela est vrai, à froid; cependant il n'était pas invraisemblable qu'il en fût autrement au rouge, d'autant mieux que si, à une haute température, les sulfates alcalins, y compris le sulfate de baryte, abandonnent leur acide, c'est qu'il y a là une atténuation dans l'affinité pouvant favoriser la réaction et faire que l'acide chlorhydrique transforme les sulfates en chlorures à une chaleur bien inférieure à celle qu'exige leur décomposition : c'est en effet ce qui arrive, ainsi que l'établissent les expériences que je vais décrire.

Les sulfates, mis dans une nacelle, étaient introduits dans un tube de platine maintenu entre le rouge sombre et le rouge-cerise. A l'une des extrémités du tube, on adaptait un ballon à deux tubulures : l'une, effilée, plongeait dans de l'eau destinée à dissoudre les vapeurs et les gaz solubles. Le tube était en communication avec un générateur de gaz chlorhydrique dégagé du chlorure de sodium par de l'acide sulfurique pur et concentré. Avant de pénétrer dans l'appareil, ce gaz passait à travers l'acide sulfurique afin d'arrêter la buée; par cette disposition, le gaz dirigé sur les sulfates ne renfermait pas d'acide sulfurique. Dans plusieurs expériences, le gaz chlorhydrique a été dégagé de l'acide chlorhydrique liquide, que l'on chauffait sans l'amener à l'ébullition. La vapeur d'eau, qui nécessairement accompagnait le gaz acide obtenu par ce moyen, n'a pas modifié les résultats.

	gr
I. — Sulfate de baryte artificiel, pur.....	0,487
Chlorure de baryum obtenu........	0,431
Théoriquement on aurait dû avoir...	0,434

Le chlorure de baryum dissous a laissé une trace de sulfate.

Ainsi, au rouge-cerise, le sulfate de baryte a été décomposé par le gaz chlorhydrique.

L'eau traversée par les gaz et la vapeur sortis du tube renfermait de l'acide sulfurique ; elle précipitait fortement par le nitrate de baryte.

II. —	Sulfate de strontiane artificiel	0gr,480
	Chlorure de strontiane obtenu	0,411
	Théoriquement on aurait dû obtenir. .	0,4146

Le chlorure de strontiane dissous, il en reste un léger résidu de sulfate inattaqué.

L'eau traversée par les gaz et la vapeur contenait de l'acide sulfurique ; elle précipitait abondamment par les sels de baryte.

III. —	Sulfate de strontiane..............	0gr,375
	Chlorure obtenu..................	0,323
	On aurait dû obtenir..............	0,324

Le chlorure n'a pas laissé de résidu après sa dissolution ; la décomposition du sulfate était complète ; le gaz chlorhydrique avait passé dans le tube pendant trois heures.

L'eau traversée par les gaz sortis du tube précipitait par les sels de baryte.

IV. —	Sulfate de soude	0gr,389
	Chlorure obtenu..................	0,309
	On aurait dû obtenir.....	0,320

Le gaz chlorhydrique avait passé pendant deux heures ; le résidu ne renfermait plus de sulfate.

L'eau du laveur précipitait abondamment par le chlorure de baryum.

La notable différence entre le poids du chlorure de sodium obtenu et le poids du chlorure calculé indiquait qu'il y avait eu volatilisation. Cette différence s'est reproduite dans les expériences faites avec les sulfates alcalins.

V. —	Sulfate de chaux..	0gr,600	$= SO^3$ 0gr,353
	Chlorure de calcium obtenu.	0,490	
	On aurait dû obtenir......	0,4897	

Le courant de gaz chlorhydrique avait passé pendant deux heures et demie ; il ne restait aucune trace de sulfate dans le chlorure de calcium.

L'eau du laveur précipitait par les sels de baryte.

Dans ces expériences on a constaté généralement l'absence de sulfate dans les chlorures retirés de l'appareil et toujours la présence de l'acide sulfurique dans l'eau que les gaz et les vapeurs avaient traversée en sortant du tube. En dosant cet acide, j'ai été frappé de sa résistance à la décomposition dans les conditions où l'on opérait : lorsque la vapeur de l'acide sulfurique monohydraté se trouvait mêlée à un volume considérable de gaz chlorhydrique contenant du chlore et de la vapeur aqueuse ; or on sait, par les expériences de M. Henri Sainte-Claire Deville, avec quelle facilité cet acide est dissocié quand il est isolé.

Ainsi les $0^{gr},600$ de sulfate de chaux, renfermant $0^{gr},353$ d'acide sulfurique, ont été transformés par le courant de gaz chlorhydrique en $0^{gr},490$ de chlorure de calcium, nombre théorique ; et de l'eau du laveur on a retiré $0^{gr},2475$ d'acide sulfurique, précisément les $\frac{7}{10}$ de l'acide entrant dans la constitution du sulfate de chaux.

VI. — Sulfate de potasse	$0^{gr},500$	$= SO^3$ $0^{gr},2296$
Chlorure de potassium obtenu .	0,211	
Chlorure calculé	0,428	

Le courant de gaz chlorhydrique avait passé pendant deux heures au rouge-cerise.

Le chlorure qui n'avait pas été volatilisé ne contenait plus de sulfate.

Dans l'eau du laveur on a dosé $0^{gr},145$ d'acide sulfurique, les $\frac{6}{10}$ de l'acide du sulfate.

VII. — Le sulfate a été mélangé à de la silice pour augmenter la surface exposée à l'acide chlorhydrique.

Sulfate de potasse	gr 0,500	= SO^3 gr 0,2296
Silice	4,930	
	5,430	
Après l'opération le mélange pesait	4,127	
Perte	0,303	
Chlorure resté dans la nacelle	0,197	
Chlorure calculé	0,428	

Le courant de gaz chlorhydrique passa pendant deux heures au rouge-cerise; le chlorure restant ne renfermait qu'une trace de sulfate.

De l'eau du laveur on retira 0gr,143 d'acide sulfurique, les $\frac{6}{10}$ de l'acide du sulfate de potasse.

VIII. — Sulfate de potasse	gr 0,250	= SO^3 gr 0,1148
Chlorure obtenu		
Chlorure calculé	0,214	

Le courant de gaz chlorhydrique avait passé durant une heure au rouge sombre.

Dans l'eau du laveur on dosa à 0gr,081 d'acide sulfurique les $\frac{7}{10}$ de l'acide du sulfate.

IX. — Sulfate de potasse	gr 0,642	= SO^3 gr 0,2948
Chlorure de potassium obtenu	0,340	
On aurait dû obtenir	0,590	

Un courant très-rapide de gaz chlorhydrique passa pendant deux heures et demie au rouge naissant.

Le chlorure resté dans la nacelle ne renfermait plus de sulfate; près de la moitié du chlorure de potassium avait été entraînée.

Dans l'eau du laveur on trouva 0gr,278 d'acide sulfurique, les $\frac{9}{10}$ de l'acide du sulfate de potasse.

X. — J'ai cru devoir étudier la décomposition du bisulfate de potasse, en chauffant ce sel dans un courant de gaz

acide carbonique, afin de constater si l'équivalent SO^3, HO, que devait abandonner le bisulfate passant à l'état de sulfate, serait dissocié en tout ou en partie.

La température du tube de platine fut portée et maintenue au rouge-cerise.

Pendant le passage du courant d'acide carbonique, la vapeur d'acide sulfurique monohydraté devait parcourir une longueur de tube de 3 décimètres avant d'arriver dans le laveur.

Bisulfate de potasse..........	0^{gr},490 = SO^3 0^{gr},144
Sulfate de potasse resté dans la nacelle..................	0,300
On aurait dû obtenir.........	0,314

L'eau du laveur ne contenait pas d'acide sulfurique : les 0^{gr},144 d'acide appartenant à l'acide monohydraté avaient été dissociés.

XI. — On a reproduit l'expérience précédente en faisant passer le courant de gaz acide carbonique sur le bisulfate chauffé au rouge sombre.

Bisulfate de potasse...............	0^{gr},490
Sulfate de potasse obtenu....	0,310
On aurait dû obtenir..............	0,314

Dans l'eau du laveur on a dosé 0^{gr},045 d'acide sulfurique ; les $\frac{4}{11}$ seulement de l'acide auraient échappé à la dissociation malgré la basse température, ce qui rend vraisemblable que la décomposition commence lorsque l'équivalent d'acide sulfurique monohydraté se sépare de l'équivalent de sulfate de potasse auquel il est combiné dans le bisulfate.

XII. — Dans cette expérience, du bisulfate de potasse

fut soumis au rouge, à un courant de gaz chlorhydrique.

Bisulfate de potasse	$0^{gr},490 = SO^3\ 0^{gr},288$
Chlorure calculé.......	$0,269$ (1)

Le courant de gaz chlorhydrique passa pendant deux heures.

Dans l'eau du laveur on dosa $0^{gr},200$ d'acide sulfurique, les $\frac{7}{10}$ de l'acide entrant dans la constitution du bisulfate, tandis que, à la même température, la totalité de l'acide SO^3HO uni au sulfate de potasse avait été décomposée dans un courant de gaz acide carbonique. Il est très-probable que la divergence des résultats vient d'une action ultérieure qu'exercerait le chlore produit par la réaction du gaz chlorhydrique. En effet, le gaz acide sulfureux provenant de la décomposition de l'acide sulfurique, s'il est mêlé à du chlore, doit reconstituer de l'acide sulfurique en présence de l'eau. Au reste, dans cette série d'expériences, j'avais particulièrement en vue de mettre hors de doute ce fait, que, à un degré de chaleur capable de déterminer la dissociation de l'acide sulfurique, un sulfate est transformé en chlorure par l'acide chlorhydrique, et qu'une partie de l'acide sulfurique est entraînée sans être dissociée. Quant à la quantité d'acide décomposé, elle dépend nécessairement de la température et de la longueur de la zone incandescente parcourue par les vapeurs ; toutefois on vient de voir que la dissociation de l'acide sulfurique, fût-elle complète, peut être reconstituée par l'acide sulfureux, en présence du chlore.

La différence constante entre le poids des chlorures alcalins obtenus et celui donné par le calcul montrait assez qu'une partie de ces chlorures était volatilisée. On crut

(1) Un accident n'a pas permis de prendre le poids du chlorure resté dans la nacelle.

néanmoins devoir le constater en exposant un chlorure chauffé au rouge-cerise dans un courant de gaz.

I. — On fit passer pendant deux heures du gaz chlorhydrique.

Chlorure de potassium.............	0,300 gr
Après, il pesait......	0,150
Chlorure volatilisé................	0,150

Dans une autre expérience, on mit dans une nacelle 1 décigramme de sulfate de potasse sur lequel le gaz chlorhydrique passa au rouge-cerise vif; en moins d'une heure la nacelle était parfaitement nette : le chlorure de potassium résultant de la décomposition du sulfate avait disparu.

II. — Le courant de gaz chlorhydrique fut remplacé par un courant de gaz acide carbonique.

Chlorure de potassium maintenu au rouge vif..	0,300 gr
Après que le gaz eut passé pendant une heure...	0,205
Après la deuxième heure..................	0,153
Chlorure volatilisé en deux heures...........	0,147

C'est à peu près la perte éprouvée par le chlorure, pendant le même temps, dans le courant de gaz chlorhydrique. Le chlorure de potassium resté dans la nacelle était alcalin.

III. — Chlorure de sodium chauffé au rouge vif......	0,300 gr
Après que le gaz eut passé pendant deux heures.	0,277
Après la troisième heure.................	0,267
En trois heures, chlorure volatilisé.........	0,033

Le chlorure resté dans la nacelle était sensiblement alcalin.

Dans les mêmes conditions, le chlorure de sodium s'est montré moins volatil que le chlorure de potassium.

La rapidité avec laquelle le chlorure de potassium diminue de poids, au rouge, dans un courant de gaz, me porta

à examiner si le sulfate de la même base, dans de semblables conditions, ne serait pas entraîné jusqu'au laveur; s'il en était ainsi, il y aurait eu une cause d'erreur dans l'estimation de l'acide sulfurique non dissocié. Il est vrai que l'absence de sulfate dans le chlorure resté dans l'appareil rendait vraisemblable que seulement ce dernier sel était volatilisé; d'un autre côté, ayant reconnu qu'à une haute température le sulfate de potasse disparait complétement sans qu'il soit possible de savoir si la volatilisation a lieu avant ou pendant la dissociation de l'acide, il convenait de s'assurer si, même à un degré de chaleur de beaucoup inférieur à celui de sa volatilisation ou de sa décomposition, le sulfate n'émettait pas de vapeur; en un mot, si, au rouge-cerise, il n'avait pas une tension pour si faible qu'elle fût (¹).

Le sulfate de potasse possède une propriété assez curieuse contre laquelle on doit se mettre en garde. Les cristaux décrépitent au feu; le sel fond à une assez haute température, puis, en se refroidissant, il perd toute cohérence : il devient en quelque sorte pulvérulent; or, pendant ce changement d'état, il peut y avoir projection de particules salines.

On mit dans une nacelle du sulfate que l'on y avait fondu et laissé refroidir avant de le peser. Sur le sel introduit dans un tube de platine on fit passer, au rouge-cerise, pendant deux heures, un courant de gaz acide carbonique sec, exempt de toute trace d'acide chlorhydrique. En sortant du tube le gaz traversait l'eau d'un laveur.

	gr
Sulfate de potasse mis dans la nacelle.....	0,185
Après le passage du gaz..............	0,170
	0,015

La perte est peut-être due à quelques particules de sel

(¹) BOUSSINGAULT, *Actions décomposantes d'une haute température sur quelques sulfates*. (*Annales de Chimie et de Physique*, 4ᵉ série, t. XII, p. 419.)

projetées par décrépitation; néanmoins l'eau du laveur n'était pas troublée par le chlorure de baryum, elle ne renfermait pas d'acide sulfurique.

Le sulfate, dans la nacelle, était devenu très-faiblement alcalin; il n'est pas douteux que, par l'action continue du gaz acide carbonique, il y ait eu production d'une quantité appréciable de carbonate de potasse. Quoi qu'il en soit, il est certain qu'au rouge-cerise du sulfate de potasse n'est pas entraîné, qu'il n'émet pas de vapeur et que, par conséquent, lors de la réaction exercée sur ce sel par le gaz chlorhydrique, dans l'acide sulfurique que l'on dose dans l'eau du laveur, il n'y a pas d'acide constituant un sulfate.

J'ai supposé que dans un volcan l'acide chlorhydrique est dû à la réaction des roches siliceuses et de la vapeur d'eau sur les chlorures. Il convenait de s'assurer si réellement la silice engagée dans le trachyte, dans le pyroxène, dans le feldspath, se comportait comme la silice pure employée par Gay-Lussac et Thenard dans leur mémorable expérience. Dans ce but, j'ai placé des mélanges de la matière siliceuse et de sel marin dans un tube de platine : lorsque la température avait atteint le rouge-cerise, on faisait arriver un courant de vapeur aqueuse; c'est dans l'eau résultant de la vapeur condensée à la sortie du tube que l'on dosait par un procédé volumétrique l'acide chlorhydrique formé pendant l'opération. Pour rendre les observations comparables, les mélanges renfermaient une proportion constante de chlorure de sodium, et l'on avait soin de les étaler dans la nacelle de manière qu'ils présentassent la même surface (146 millimètres carrés). Quand la vapeur avait passé pendant quarante-cinq minutes, on procédait au dosage de l'acide produit.

I. — Mélange :

Silice pure............	6,0 gr			
Chlorure de sodium pur	0,2	contenant chlore	0,1214 gr = HCl	0,1248 gr
Dans l'eau condensée, dosé acide chlorhydrique................				0,122

En quarante-cinq minutes le chlorure de sodium avait été presque entièrement décomposé, le poids de l'acide dosé étant, à moins de 3 milligrammes près, le poids de l'acide calculé.

Il est possible, au reste, que la très-légère différence entre l'acide trouvé et l'acide calculé provienne de ce qu'une petite quantité de chlorure de sodinm ait été volatilisée, malgré la forte proportion de silice entrant dans le mélange.

Ces $0^{gr},122$ d'acide chlorhydrique obtenu indiqueraient $0^{gr},1956$ de chlorure décomposé.

II. — Trachyte vitreux...	$6^{gr},0$		
Chlorure de sodium	0,2	représentant acide chlorhydrique	$0^{gr},1248$
Acide chlorhydrique obtenu		....	0,104

$0^{gr},104$ d'acide répondent à $0^{gr},1666$ de chlorure décomposé.

III. — Feldspath Labrador, en cristaux d'une grande pureté que je dois à l'obligeance de M. Daubrée.

Feldspath..........	$6^{gr},0$		
Chlorure de sodium	0,2	représentant acide chlorhydrique	$0^{gr},1248$
Acide chlorhydrique obtenu		....	0,051

$0^{gr},051$ d'acide répondent à $0^{gr},0817$ de chlorure décomposé.

Le feldspath contient beaucoup moins de silice que le trachyte vitreux : aussi a-t-il décomposé une plus faible quantité de chlorure. Si l'on exprime par l'unité le chlorure de sodium attaqué par la silice, on a :

Silice, chlorure détruit.........	1,00
Trachyte.....................	0,85
Feldspath....................	0,42

Ces résultats conduisaient à cette conclusion, qu'une roche trachytique, qu'une roche pyroxénique mêlée à des chlorures, à des sulfates alcalins ou terreux se comporterait comme de la silice pure, bien qu'avec moins d'énergie,

et que, à une chaleur rouge peu élevée, l'eau intervenant, il y aurait production de gaz chlorhydrique et d'acide sulfurique. En effet, du trachyte mélangé à du chlorure de sodium auquel on avait ajouté du sulfate de soude, de potasse ou du sulfate de chaux, a été soumis, dans un tube de platine chauffé au rouge-cerise, à un courant de vapeur. Dans l'eau condensée à la sortie du tube, on a constamment trouvé de l'acide chlorhydrique et de l'acide sulfurique.

De l'ensemble de ces recherches il ressort qu'à des températures comprises entre le rouge sombre et le rouge-cerise, en d'autres termes, entre 700 et 900 degrés, la vapeur d'eau, en agissant sur un mélange de chlorures et de sulfates en contact avec une roche riche en silice, telle que le trachyte, développe de l'acide chlorhydrique, et de l'acide sulfurique dont une partie peut être entraînée en nature par le courant de gaz acide et de vapeur aqueuse. La quantité d'acide sulfurique échappée à la dissociation dépendra, je le répète, du degré de chaleur et de l'étendue de la zone que parcourront les produits de la réaction. A une température très-élevée, la silice avec le concours de la vapeur déterminera toujours une formation de gaz chlorhydrique; toutefois, ce gaz ne sera plus indispensable à la décomposition des sulfates, la roche siliceuse suffisant pour l'effectuer en vitrifiant leur base; mais alors leur acide sera dissocié en oxygène et en acide sulfureux.

En résumé, la présence simultanée de chlorures et de sulfates dans une roche ignée permet, je crois, d'expliquer la formation de l'acide chlorhydrique, de l'acide sulfureux, et, dans certaines conditions de température, la présence de l'acide sulfurique monohydraté dans les émanations des cratères, des fumerolles, et, par suite, l'apparition de l'acide chlorhydrique, de l'acide sulfurique libres dans les eaux thermales qui prennent naissance dans les volcans des Cordillères équatoriales.

Cinquième Partie.

Concours des roches volcaniques à la formation et à la fertilité de la terre végétale.

On a vu, précédemment, que les cratères émettent deux éléments essentiels à la constitution des êtres organisés : le carbone et le soufre ([1]). Maintenant je me propose d'établir que les trachytes, les laves, les scories renferment, comme toutes les roches cristallines, des substances minérales sans lesquelles les plantes ne pourraient exister. Ces produits volcaniques, ces roches ont fourni et fournissent encore les matériaux de la terre végétale, et, pour faire comprendre leur intervention dans la formation du sol, il ne sera pas sans utilité d'exposer rapidement quelques notions empruntées à une leçon de Géologie agricole que j'ai faite au Conservatoire des Arts et Métiers.

La partie solide de notre planète n'a pas partout le même aspect à sa superficie. En parcourant une contrée

---

([1]) M. J.-W. Mallet, professeur de Chimie à l'Université de Virginie, me communique une observation intéressante sur des eaux acides surgissant au Texas, près de la rivière Nechees, dans des conditions différentes de celles que j'ai signalées. Ces eaux renferment de l'acide sulfurique libre : $5^{gr},29$ par litre.

L'eau est rassemblée dans un petit étang, le *Saour Lake;* il s'en dégage continuellement du gaz sulfhydrique, du gaz des marais, de l'acide carbonique. La terre environnante est imprégnee de soufre, de petrole. A 50 milles plus à l'est, l'eau n'est plus acide, quoique des gaz combustibles, du pétrole apparaissent à la surface. Un sondage poussé à 450 pieds a atteint une couche de soufre natif de 100 pieds de puissance. On assure, dit M. Mallet, sur l'autorité d'officiers de la Confédération ayant servi dans l'ouest du Mississipi, que durant le blocus des ports des États du Sud les piles galvaniques des bureaux télégraphiques du Texas et de la Louisiane fonctionnaient avec de l'eau du lac acide.

montagneuse, on manque rarement d'observer une différence notable dans la nature chimique, dans la position relative des roches qui la constituent; et l'on acquiert bientôt cette conviction, que ces masses ont été formées et placées dans leurs situations actuelles à des époques distinctes.

En examinant attentivement les inégalités, les anfractuosités qui rident la surface de la terre, on ne tarde pas à reconnaître que les pics les plus élevés, que l'axe des chaines de montagnes résultent de l'agglomération, du mélange de plusieurs espèces minérales. Ce sont des roches cristallisées souvent recouvertes jusqu'à une certaine hauteur, ou même cachées entièrement par d'autres roches, dont les éléments fragmentaires témoignent qu'elles proviennent de la désagrégation des terrains qui les supportent. La stratification de ces roches superposées, la configuration de leurs moindres particules, les vestiges de végétaux, de coquilles que l'on y rencontre attestent que leur dépôt a eu lieu successivement et au sein des eaux.

La première apparition des roches cristallines date probablement de la consolidation de l'écorce du globe : des matières mêlées intimement à une température capable d'en déterminer la fusion ou le ramollissement se sont combinées, suivant les lois de l'affinité, pour former des espèces minérales, ainsi qu'il arrive lorsque les laitiers, les scories de nos usines passent des états liquides ou visqueux à l'état solide. Les circonstances sous lesquelles le refroidissement s'est accompli ont sans doute occasionné les différences que l'on remarque dans la composition et la distribution des minéraux constituants : ainsi le granite, le gneiss, bien que d'une structure fort distincte, résultent l'un et l'autre d'un assemblage de feldspath, de mica, de quartz. Dans la syénite, le quartz manque généralement, le mica est remplacé par de l'amphibole, par le talc dans la protogyne. La pegmatite est une réunion de feldspath et

de quartz ; c'est alors un granite sans mica. Dans les trachytes, le pyroxène est substitué à l'amphibole des roches syénitiques. Le calcaire en relation avec les gneiss est grenu, saccharoïde ; par l'adjonction de la magnésie, il passe à la dolomie.

Les terrains de sédiments ne varient pas moins dans leur composition. Les causes qui ont désagrégé les roches cristallines ont détruit ou éliminé un ou plusieurs de leurs éléments. Les grès sont presque uniquement formés de grains de quartz mêlés à des lamelles de mica, plus rarement à des fragments de feldspath. Dans les assises les plus anciennes, comme les schistes argileux, les grauwackes, les espèces minérales originaires des roches sous-adjacentes se retrouvent plus au complet, moins altérées. Le calcaire de ces périodes géologiques est ordinairement compacte : il devient poreux, friable dans les dépôts les plus récents, à moins qu'il n'ait été modifié par des effets de métamorphisme.

Les sédiments ont été nécessairement déposés en bancs horizontaux : souvent c'est encore leur situation dans les plaines ; mais, en approchant des montagnes, on les voit se redresser, quelquefois même ils sont en couches verticales. Ces changements de position sont la conséquence de la tuméfaction, du soulèvement des masses sur lesquelles reposent les terrains arénacés ou calcaires.

Les géologues divisent les terrains sédimentaires en plusieurs groupes : tous, y compris les plus récents, sont recouverts par des alluvions. Les fossiles disséminés dans les calcaires, dans les grès, prouvent qu'à l'époque où les strates se sont déposées il existait déjà des plantes et des animaux.

C'est en étudiant les redressements de couches appartenant aux divers groupes de la série sédimentaire qu'Élie de Beaumont a établi l'âge relatif des principaux systèmes de montagnes. Ainsi une chaîne qui a relevé le

terrain crétacé a évidemment surgi lorsque la craie était déposée; elle est par conséquent moins ancienne qu'une autre chaîne sur laquelle sont assises horizontalement des couches de craie. Les systèmes de montagnes atteignant les plus grandes hauteurs semblent avoir apparu durant les dernières révolutions du globe. Le massif du mont Blanc a redressé les étages inférieur et moyen du terrain supercrétacé; les Andes, l'alluvion ancienne. Ainsi la grande chaîne américaine, où se trouvent de nombreux volcans en activité et des pics de trachytes d'une altitude considérable ([1]), serait plus moderne que les Alpes occidentales.

La constitution des couches sédimentaires montre que les roches cristallines, les roches ignées se désagrégent en galets, en gravier, en sable, en argile. Cet état fragmentaire a nécessairement précédé la consolidation des couches stratifiées; au reste la destruction des roches s'opère encore sous nos yeux par les actions combinées de l'eau et de l'atmosphère; l'eau s'insinue dans les rochers et, si elle vient à être congelée, elle écarte en se dilatant les molécules minérales. Le granite le plus tenace ne résiste pas à l'effet de cette expansion.

Les bancs d'argile intercalés dans une montagne sont aussi une cause de destruction. La catastrophe du Ruffiberg, près du Righi, en Suisse, en est une preuve. Des couches fragmentaires plongeant sous un angle de 45 degrés, ayant perdu leur support argileux entraîné par les eaux, glissèrent dans la vallée. L'éboulement eut lieu le 2 septembre 1806. Les villages de Goldau, de Busingen furent écrasés : rien n'est aussi commun qu'un talus de

---

([1])

	Altitude.
	m
Aconcagua (Chili)...	6834
Sorata (Bolivie)..........	6487
Sohama (Pérou)...................	6812
Chimborazo (Équateur)...........	6530

détritus amoncelés au pied d'un escarpement; mais une avalanche de pierres n'est signalée qu'autant qu'il en résulte une calamité.

Si le déplacement, le glissement de bancs de sédiments s'expliquent par l'instabilité de couches argileuses qui en sont le soubassement, il n'en est plus ainsi des éboulements subits dans les terrains non stratifiés. La désagrégation instantanée de roches inaltérées, qu'on ne saurait attribuer aux effets de la gelée, à des ébranlements du sol, est fréquente dans les Andes.

La petite vallée de la Vega, dans la province du Cauca, est creusée dans une syénite porphyrique. Elle est dominée à l'ouest par Riosucio de Engurumà, à l'est par le pic de Tacon. Ces deux stations sont séparées par le torrent de Supia. Au bas du Tacon quelques familles indiennes cultivaient du maïs et de la canne à sucre. Un jour du mois de novembre 1819, à 7 heures du matin, on vit de Rio-sucio le Tacon s'écrouler en ensevelissant sous ses débris les malheureux cultivateurs. A la base de l'escarpement, des blocs de syénite porphyrique, entassés sur une hauteur de 20 à 30 mètres, formaient comme une coulée qui s'étendit jusqu'à 2 kilomètres de distance. Sept ans après l'événement, je trouvai l'éboulement recouvert d'une jeune et vigoureuse forêt de Mimosas.

Un fait de désagrégation spontanée, aussi bien caractérisé que celui de Tacon, me fut révélé dans mon voyage de Popayan à Pasto. Je descendais de Muechisa dans la vallée du Guaytara; parvenu à un point d'où l'on embrassait le cours de la rivière sur une grande étendue, mon guide me fit remarquer sur la rive gauche une énorme protubérance de roches, puis il ajouta : « Là était l'hacienda del Arguello. De l'endroit où nous sommes je vis accourir sur la plage et comme affolés les habitants de la ferme fuyant devant un torrent de pierres; on distinguait les maîtres, les esclaves; je les vis s'agenouiller, lever les bras

vers le ciel, puis disparaître sous les décombres, où ils sont encore (1). »

La syénite porphyrique du Guaytara est à pâte feldspathique, traversée dans tous les sens par de larges et profondes fissures.

Une autre cause puissante de destruction provient d'actions chimiques déterminées par des influences météorologiques. Le feldspath, l'amphibole, le mica, le pyroxène sont alors profondément altérés. L'orthose, l'oligoclase du granite perdent leur éclat, deviennent terreux, friables en se transformant en une argile, le kaolin. Le protoxyde de fer des silicates atteint le maximum d'oxydation. L'oxygène, l'acide carbonique de l'atmosphère, l'eau sont les agents principaux de ces modifications qui se propagent quelquefois très-avant dans les roches, ainsi qu'on le voit dans les carrières de terre à porcelaine, ainsi que j'ai pu le reconnaître dans une syénite porphyrique où l'on exploitait un filon aurifère. Dans la mine de Cucurusapé, j'ai suivi l'altération du feldspath à plus de 100 mètres au-dessous du jour. Au milieu de la roche altérée, le mineur traversait çà et là des parties échappées à la décomposition. Les monuments nous montrent de ces granites, de ces syénites inaltérables : tel est l'obélisque de Saint-Jean de Latran, à Rome, taillé à Syène, 1300 ans avant l'ère chrétienne ; tel est encore l'obélisque de la place de Saint-Pierre, consacré au Soleil par un fils de Sésostris, il y a plus de 3000 ans.

L'inégalité de résistance à l'altération occasionne dans le granite ces dépressions, ces cavités, que la légende attribue à l'empreinte du pas d'un cheval gigantesque, ou ces monolithes terminés en pivot à leur base, nommés *pierres branlantes*, parce que le moindre effort les fait os-

(1) C'était en 1813. La famille blanche et les nègres formaient un personnel de 80 personnes.

ciller. Il est rare de ne pas rencontrer sur un plateau granitique des blocs isolés, dispersés, offrant parfois les assemblages les plus fantastiques.

Les calcaires saccharoïdes ne résistent pas mieux que les granites aux agents atmosphériques; par leur peu de dureté ils cèdent d'ailleurs aisément aux actions mécaniques, aux frottements.

Les modifications éprouvées par les minéraux constitutifs des roches ne proviennent pas d'un changement dans l'état moléculaire; leur nature est complétement transformée, quelques-uns de leurs éléments sont exclus; les feldspaths, par exemple, perdent leur alcali.

Ebelmen, dans un Mémoire d'une haute portée, a fait voir que l'acide carbonique est l'agent de l'atmosphère le plus actif de la destruction des silicates. La potasse, la soude, la chaux, la magnésie constituent des carbonates; la silice devient libre; sa solubilité explique sa disparition. Les carbonates formés sont ou dissous ou entraînés; à mesure que le silicate s'altère, il se rapproche de plus en plus de l'argile qui, en s'unissant à l'eau, devient plastique et absolument insoluble; aussi, après la décomposition du feldspath, du mica, de l'amphibole, du pyroxène, l'alumine de ces minéraux reste à l'état argileux. C'est un jalon, un point de repère indiquant la nature des principes éliminés.

En partant de la composition du kaolin donnée par Berthier, et en supposant qu'il dérive du feldspath orthose pur, c'est-à-dire d'un silicate d'alumine et de potasse, dans lequel l'oxygène de la silice est trois fois l'oxygène des bases, on aurait :

	Kaolin.	Orthose.
Silice.	[illegible]	64,6
Alumine.	[illegible]	18,5
Potasse	[illegible]	16.9
Eau	[illegible]	0.0
	[illegible]	100.0

Admettant avec Ebelmen que l'alumine du kaolin représente toute l'alumine du feldspath avant la modification, on peut, en prenant une quantité de kaolin renfermant la proportion d'alumine particulière à l'orthose, trouver les éléments perdus ou acquis pendant la décomposition :

	Alumine.	Silice.	Potasse.	Eau.
Orthose.......	18,5	64,6	16,9	0,0
Kaolin	18,5	23,2	1,2	6,7
Différences..	0,0	— 41,4	— 15,7	+ 6,7

En passant au kaolin, 100 parties d'orthose ont abandonné 41,4 de silice, 15,7 de potasse, et il y a eu acquisition de 6,7 d'eau.

En comparant la composition d'une roche volcanique, le basalte, avant et après l'altération, on arrive à une conclusion analogue; de plus, on trouve que la silice disparaît, alors même qu'il n'y a que fort peu d'alcali expulsé.

Le basalte, objet de la comparaison, venait de Crouzet (Haute-Loire) ; c'est une roche compacte, noire, d'une grande ténacité; on y distingue des grains verts de péridot, des lamelles de labrador, silicate d'alumine et de chaux. Décomposé, ce basalte est terreux, friable, d'un blanc jaunâtre.

Les analyses d'Ebelmen ont donné :

	Basalte altéré.		Basalte non altéré.
Silice...............	36,7		46,1
Alumine	30,5		13,2
Chaux..............	8,9		7,3
Magnésie............	0,6		7,0
Potasse.............	0,7		1,8
Soude..............	1,0		2,7
Acide de fer Fe^2O^3....	4,3	FeO...	16,6
Eau.................	16,4		4,9
	99,1		99,6

	Alumine.	Silice.	Chaux.	Magnésie.	Potasse.	Soude.	Oxyde de fer.	Eau.
Basalte........	13,2	46,1	7,3	7,0	1,8	2,7	16,6	4,9
Basalte altéré....	13,2	15,8	4,0	0,3	0,3	0,4	1,8	7,1
Différences....	0,0	−30,3	−3,3	−6,7	−1,5	−2,3	−14,8	+2,2

Il y a eu fixation d'eau; tous les éléments, sauf l'alumine, ont été éliminés en fortes proportions. La disparition presque complète de la magnésie est une preuve de la destruction du péridot.

Dans le basalte altéré, le fer reste à l'état de sesquioxyde: la suroxydation semble avoir précédé l'entraînement du métal. La roche modifiée, ainsi que le kaolin, retient un peu d'alcali. C'est là un fait à l'appui de l'opinion qui considère les argiles comme étant le résidu de la décomposition des silicates. En effet, les argiles de toutes les époques géologiques renferment des traces de potasse ou de soude.

Tous les dépôts arénacés, calcaires, magnésiens, argileux, accumulés à la surface du globe, proviennent de la désagrégation des roches cristallines et de la décomposition des espèces minérales dont elles sont formées. La désagrégation continue dans les roches stratifiées. Il en résulte ces terrains meubles placés sur les pentes peu inclinées, ou dans les plaines.

L'eau porte au loin les roches désagrégées; elle les dépose en galets, en gravier, en sable, en limon suivant la rapidité de son mouvement et la longueur de son parcours. Ainsi, dans les Alpes-Maritimes, des blocs des plus fortes dimensions arrivent jusqu'à la mer. Un fleuve, lorsque son cours se ralentit, n'entraîne plus vers son embouchure que les particules les plus ténues : c'est ce qui arrive, pour citer un exemple, aux bouches de l'Elbe où, pendant le calme qui précède chaque marée montante, les matières limoneuses sont précipitées en un sédiment que les vagues rejettent ensuite sur la plage. Par suite de ces rejets successifs, le rivage s'élève assez pour rester à sec dans les marées

moyennes. Ces alluvions d'une étonnante fertilité sont la base des *polders,* dont l'agriculture hollandaise tire un si grand parti. Dans les hautes marées, ou pendant les tempêtes, les polders seraient submergés, si l'industrie n'eût créé des dunes artificielles, des digues pour opposer un obstacle aux invasions de l'Océan.

La masse des matières terreuses charriées par les fleuves est considérable ; on peut s'en former une idée par l'épaisseur et l'étendue du limon déposé annuellement dans les deltas du Nil, du Gange, du Mississipi, etc.

Les graviers, les sables, les limons sont généralement la base du sol où les végétaux se développent ; quelles qu'en soient la constitution chimique, les propriétés physiques, la terre végétale dérive toujours directement, ou indirectement des roches cristallines, des roches ignées : directement quand elle vient du granite, du gneiss, du micaschiste, des syénites, des trachytes, des basaltes, des laves ; indirectement si ses éléments ont appartenu aux grès, aux calcaires, aux argiles des terrains stratifiés, car les dépôts sédimentaires procèdent tous des roches cristallines, de la désagrégation du quartz, de la décomposition des silicates. Les particules de la grauwacke, comme les particules des roches détritiques plus récentes, ont été du gravier, du sable, du limon avant d'être consolidées ; elles se trouvaient, en un mot, à l'état où est encore aujourd'hui le dépôt de la dernière révolution géologique, l'alluvion ancienne.

Selon Élie de Beaumont, la terre végétale a commencé à se déposer depuis très-longtemps à la surface du globe. Desséchée, elle est quelquefois assez ténue pour être transportée par le vent à d'énormes distances ; toujours elle peut être entrainée par les pluies, charriée par les fleuves : l'air, l'eau sont donc des véhicules qui tendent constamment à la déplacer.

Cette poussière des roches désagrégées devient dans

certaines circonstances un important phénomène. Accumulée sur de grandes étendues, elle forme les déserts de la Lybie, les *pampas* de l'Amérique méridionale où, en raison de son extrême ténuité, elle s'agite, se meut à la manière des flots, en produisant des vagues qui ensevelissent des caravanes, des villages. En Égypte, la poussière apportée du désert recouvre des terrains que l'on cultivait encore sous la domination des Turcs. Le vent de l'intérieur de l'Afrique saupoudre de sable des navires à 1000 kilomètres des côtes.

La poussière étalée à la surface du globe ne se déplace qu'autant qu'elle est dénudée. Il n'en est plus ainsi quand elle a été envahie par la végétation, quand elle est recouverte de gazon ; la terre est alors solidement fixée, et il est facile de prouver qu'elle forme une couche extrêmement ancienne, dont l'épaisseur, ou plutôt dont le niveau supérieur n'a pas varié depuis les temps historiques les plus reculés.

A l'appui de cette assertion, Élie de Beaumont rappelle ces monuments druidiques, les *pierres levées* (*men-hir* et *dol-men*), blocs de rochers allongés, implantés verticalement dans le sol. Leur érection est certainement antérieure à l'invasion des Gaules par César ; cependant leur base est toujours enfoncée dans la terre végétale tout juste ce qu'il faut pour que le *men-hir* se tienne debout. Dans les *dol-men,* assemblage de pierres représentant l'encadrement d'une porte, la pièce horizontale inférieure, le seuil, est encore de niveau avec la surface du gazon ; il serait évidemment enterré si la terre eût augmenté d'épaisseur ; dans le cas contraire il y aurait eu un déchaussement. Rien de semblable n'a eu lieu. Une autre preuve tout aussi certaine de la fixité, de la solidité de la terre végétale garnie de plantes vivaces, est prise dans les travaux agricoles. On connaît en Espagne des champs abandonnés depuis des siècles et qui sont couverts de gazon ; les sillons

autrefois tracés par la charrue sont encore dans un parfait état de conservation. Une conséquence qu'il est permis de tirer de ces faits, c'est que l'engazonnement suffit amplement pour retenir la terre sur les pentes abruptes, et que, pour lui donner de la stabilité, il n'est pas nécessaire d'avoir recours au reboisement; l'herbe, d'ailleurs, vient là où les conditions météorologiques ne permettent pas la croissance des arbres.

Un sol, une alluvion, pour peu qu'il y ait de l'humidité, est fertile à différents degrés. C'est que d'un côté il s'y trouve, à cause de son origine, des substances minérales qu'on retrouve dans l'organisme des plantes, et que, de l'autre, l'atmosphère, les eaux pluviales, lui apportent des composés azotés assimilables.

Les substances minérales sont précisément celles que contiennent les roches cristallines, les roches volcaniques. En jetant un coup d'œil sur la composition des principaux minéraux, on y reconnaîtra les mêmes bases alcalines et terreuses, les mêmes acides, que l'on rencontre dans les cendres des végétaux.

Composition des principales espèces minérales entrant dans la composition des roches cristallines.

		Silice.	Alumine.	Chaux.	Magnésie.	Potasse.	Soude.	Oxyde de fer.	Oxyde de manganèse	Eau.	Densité.
Feldspaths	Orthose (¹)....	66,8	17,5	1,3	"	12,0	"	0,8	"	"	
	Id. (²)....	65,8	18,0	"	"	14,1	1,4	"	"	"	2,55
	Id. (³)....	65,2	18,3	"	"	14,7	1,5	0,3	"	"	
	Albite..... ...	68,7	19,9	"	"	"	9,1	0,3	"	"	2,63
	Oligoclase. ...	64,2	23,3	8,8	0,4	"	8,8	2,4	"	"	2,70
	Anorthite......	44,5	34,5	15,7	5,3	"	"	0,7	"	"	"
Mica à 1 axe...............		42,0	16,1	"	26,0	7,6	"	4,9	"	"	2,92
Id. à 2 axes....		48,5	33,9	"	"	11,3	"	"	1,3	3,0	
Amphibole (⁴).............		45,7	12,2	13,8	18,8	"	"	7,3	0,2	1,5	"
Pyroxène.......		54,9	0,2	23,6	16,5	"	"	1,8	2,0	"	"
Péridot (⁵)..		44,4	0,2	"	49,2	"	"	9,7	0,1	"	"
Talc (⁶)....		58,2	"	"	33,2	"	"	4,6	"	"	"

(¹) De Lemnitz.
(²) De Ténériffe.
(³) De Carlsbad.
(⁴) De Pargas.
(⁵) Du Vivarais.
(⁶) Du Saint-Gothard.

Les roches cristallines étant antérieures aux roches sédimentaires, aux alluvions, la potasse que les plantes trouvent dans un sol fertile vient surtout de l'orthose et du mica. La nature et la quantité d'alcali contenu dans un granite, dans un trachyte, dépendent naturellement des espèces minérales qui les constituent : ainsi la domite du Puy-de-Dôme serait presque entièrement formée d'orthose.

J'ai eu l'occasion de rappeler que, sur les sommets des Andes équatoriales, les trachytes renferment de la potasse, de la soude, de la silice, de la chaux, de la magnésie, dans des proportions qui autorisent à les considérer comme des mélanges d'oligoclase, d'orthose et d'augite.

On a réuni dans un tableau les quantités d'alcali qui entrent dans différentes roches :

Dans 100 parties.	Potasse.	Soude.	Densité.
Granite, moyenne de 19 analyses	4,3	2,6	2,69
Gneiss, moyenne de 2 analyses	3,9	0,7	2,75
Micaschiste des Pyrénées	2,5	0,6	2,70
Syénite, moyenne de 7 analyses	6,4	5,4	2,66
Grunstein	0,6	1,7	"
Trachyte des Andes, moyenne de 2 analyses	2,3	4,0	2,75
Trachyte d'Islande	3,2	4,2	2,75
Trachyte du mont Dore	4,9	3,5	2,75
Obsidienne du Puracé	4,9	2,5	"
Obsidienne d'Islande	2,5	5,6	"
Ponce de Saint-Felipe (Équateur)	1,4	6,0	"
Phonolithe du mont Dore	4,1	4,5	2,90
Basalte, moyenne de 4 analyses	2,5	2,7	2,93
Laves du Vésuve, moyenne de 3 analyses	4,8	3,1	"
Laves de l'Etna, moyenne de 2 analyses	2,4	2,9	"
Laves de Ténériffe, moyenne de 2 analyses	1,3	3,0	"
Lave de Volvic	3,7	4,3	"
Cendres volcaniques (Java)	1,1	3,8	"
Cendres volcaniques (Vésuve)	6,5	3,1	"

L'acide phosphorique n'est pas indiqué dans les espèces minérales dont j'ai présenté la composition et auxquelles, en définitive, il convient d'attribuer l'origine du sol ; c'est

que les analystes ont négligé de le rechercher. Cependant les végétaux donnent des cendres renfermant constamment des phosphates qu'ils ont puisés dans la terre où ces sels préexistent, à n'en pas douter, non-seulement dans celle qui a reçu des engrais, mais aussi dans la terre des forêts qui n'en reçoit jamais. D'après M. Schlœsing, il est des sols arables dans lesquels on dose $1^{gr},7$ d'acide phosphorique par kilogramme (1). Dans 1 décimètre cube d'un sable granitoïde de l'Ardèche, M. de Gasparin en a trouvé $6^{gr},2$ (2).

Des sols vierges de la vallée des Amazones j'ai extrait par kilogramme, en acide phosphorique :

Bords du Rio Madeira......	$0^{gr},864$ (3)
» du Rio Negro.........	$0^{gr},792$
» du lac Saracca........	$0^{gr},176$
» du Rio Cupari........	$0^{gr},445$

Que les phosphates, avant d'appartenir au sol, aient fait partie de l'organisme des plantes et des animaux de l'époque actuelle ou des époques géologiques les plus éloignées, toujours est-il qu'ils sont venus des roches cristallines, puisqu'il fut un temps où il n'y en avait pas d'autres sur le globe.

L'acide phosphorique est, en effet, fort répandu dans tous les terrains. Dans les gîtes métallifères, il est uni au plomb, au cuivre, au manganèse, à la chaux, à la magnésie; il est rare qu'un minerai de fer en soit exempt; le graphite lamellaire des terrains les plus anciens contient quelquefois du phosphore. D'après les teneurs moyennes et les chiffres d'extraction, M. Daubrée estime que les minerais fondus chaque année dans les hauts-fourneaux d'Angle-

(1) *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, t. LXVII.
(2) *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, t. LXVIII.
(3) *Agronomie, Chimie agricole et Physiologie*, 2e édit., t. II, p. 18.

terre, de Belgique et de France représentent au delà de 30 000 tonnes de phosphore. Les travaux récents ont fait voir qu'il y a des phosphates dans toutes les roches volcaniques, dans les trachytes, les basaltes. Les laves portent fréquemment des cristaux d'apatite; M. Charles Sainte-Claire Deville en a retiré 0,014 à 0,022 des laves du Vésuve et de l'Etna. Le basalte de Rossdorf, la dolérite du Meissner ont donné 0,03 à 0,04 de phosphate de chaux. Dans les basaltes de Ballarat (Victoria), on rencontre de la vivianite (phosphate de fer).

Les kaolins de Dartmoor et de Passau présentent des indices très-nets d'acide phosphorique, ce qui en implique la présence dans les granites de ces localités. Au reste, les petits filons d'apatite sont fréquents dans le granite, le gneiss, le micaschiste, le schiste talqueux.

C'est, sans aucun doute, à la réunion des alcalis, des phosphates, des sels ammoniacaux, que les sols d'origine volcanique doivent en partie leur fécondité exceptionnelle. On peut citer le voisinage de l'Etna, la campagne de Naples, les vignobles plantés sur les coteaux du Vésuve; en Auvergne, les riches cultures de la Limagne; à l'Équateur, près de Latacunga, les plantureux herbages de Puela, d'Angamarca; les champs de maïs de Pomasqui, établis sur les trachytes, les ponces du plateau de Quito.

C'est en masses énormes que les bouches ignivomes ont rejeté et rejettent encore les matériaux des sols fertiles. On s'en formera une idée par ce qu'il a fallu de débris pour combler les profondes fissures ouvertes dans le trachyte, pour niveler ces plateaux étendus qui contournent les sommités des Andes. Les cendres du Sangay, lancées sans interruption depuis des siècles, recouvrent plusieurs lieues carrées d'un dépôt meuble auquel il ne manque que de l'eau pour devenir productif. C'est ainsi que, dans l'Inde, les scories, les poussières du volcan de Tamboro, lors d'une éruption mémorable par les désastres qu'elle occasionna,

représenterait, d'après M. Laugel, un volume triple du volume du mont Blanc ([1]). Ces produits éruptifs ont souvent ce caractère d'arriver à la surface de la terre sans cohésion, à l'état pulvérulent, car, je le répéterai ici, des volcans des Andes équatoriales il ne sort pas de lave. De la Condamine l'avait déjà constaté : « Je n'ai point connu la matière de la lave en Amérique », a écrit l'illustre académicien ([2]).

Il en est autrement dans plusieurs régions volcaniques,

([1]) LAUGEL, *Études scientifiques*, p. 293.

([2]) De la Condamine ajoute : « Quoique nous ayons, M. Bouguer et moi, campé des semaines et des mois entiers sur les volcans, notamment sur ceux de Pichincha, de Cotopaxi et de Chimborazo, je n'ai vu sur ces montagnes que des vestiges de calcination sans liquéfaction. Cependant l'espèce de cristal noirâtre appelé vulgairement au Pérou *piedra de gallinaço* (obsidienne), dont j'ai rapporté plusieurs morceaux et dont on voit une lentille polie de 7 à 8 pouces de diamètre au cabinet du Jardin du roi, n'est autre chose qu'un verre formé par les volcans. La matière du torrent de feu qui découle continuellement de celui de Sangay, dans la province de Macas, au sud-est de Quito, est sans doute une lave ; mais nous n'avons vu cette montagne que de loin, et je n'étais plus à Quito dans le temps des dernières éruptions du volcan de Cotopaxi, lorsque sur ses flancs il s'ouvrit des espèces de soupiraux d'où l'on vit sortir à flots des matières enflammées et liquides qui devaient être d'une nature semblable à la lave du Vésuve. » (*Journal d'un voyage en Italie.*)

Humboldt fait remarquer que le choix de ces deux exemples, et surtout du premier, n'est pas heureux. Le Sangay a été exploré récemment par MM. Wisse et Moreno, et ce que de la Condamine a pris pour une coulée de lave ardente n'était autre chose que des pierres incandescentes et des masses de scories, qui glissent quelquefois en bandes serrées sur le versant abrupte du cône de cendres.

M. Wisse a été, comme ingénieur, attaché pendant huit ans au service de l'État de l'Équateur. Dans la belle collection géologique qu'il a envoyée au Muséum d'Histoire naturelle, il n'y a pas un échantillon que l'on puisse rapporter à une lave.

« Le *Journal d'un voyage en Italie*, dit de Humboldt, a quelque importance pour l'histoire de la connaissance des volcans éteints en France, parce que, sans rien savoir des assertions antérieures de Guettard, de la Condamine, avec sa pénétration ordinaire, affirme formellement l'existence de cratères-lacs et de volcans éteints dans la France méridionale aussi bien que dans les parties centrales et septentrionales de l'Italie. »

HUMBOLDT, *Cosmos*, t. IV.

en Islande par exemple, où, en 1785, un courant de laves, descendu du Jkapter-Jokul, forma, en se solidifiant, un massif de 160 kilomètres carrés sur une hauteur moyenne de 100 mètres ([1]).

Ainsi il y a dans les produits des feux souterrains, comme dans les roches feldspathiques et micacées, des quantités incalculables de matières pouvant devenir, aux époques d'apaisement, des éléments de fertilité. En se bornant à considérer la potasse, la soude, on arrive à cette conséquence que, dans 1 mètre cube des espèces minérales entrant généralement dans la constitution des roches, il s'y trouve :

	Poids du mètre cube.	Potasse.	Soude.	Alcali total.
	kg	kg	kg	kg
Orthose (moyenne)..	2550	347	37	384
Albite (moyenne)....	2630	89	231	320
Oligoclase..........	2700	»	238	238
Mica (moyenne).....	2900	292	»	292

Dans les roches, la teneur en alcali varie suivant la nature de leurs parties constituantes, puisqu'elles résultent de l'association de silicates d'alumine combinés, soit à des silicates alcalins, soit à des silicates de chaux, de magnésie, à du quartz. Ainsi tel granite, telle syénite contiendra, je l'ai déjà fait remarquer, d'autant plus de potasse qu'il y entrera plus de feldspath orthose, plus de mica :

	Poids du mètre cube.	Potasse.	Soude.	Alcali total.
	kg	kg	kg	kg
Granite............	2690	116	70	186
Gneiss.............	2750	108	19	127
Micaschiste (Pyrénées)	2700	67	16	83

([1]) Laugel, *Études scientifiques.*

	Poids du mètre cube.	Potasse.	Soude.	Alcali total.
	kg	kg	kg	kg
Syénite............	2660	170	143	313
Trachyte...........	2750	118	96	214
Phonolithe (mont Dore)	2900	119	130	249
Basalte (moyenne)....	2930	79	76	155

Ces roches, en s'altérant, en se désagrégeant, introduisent des alcalis dans le sol, à la production duquel elles ont concouru.

Chaque récolte enlève à la terre un certain poids de matières fertilisantes; si les plantes récoltées sont portées au marché, si elles ne retournent pas aux champs en passant par la fosse au fumier, le sol sera appauvri, à moins qu'on ne lui restitue par des amendements ce que la culture en aura distrait.

En pesant les produits exportables d'une vigne de Lampertsloch, en Alsace, le vin, le marc de raisin, les sarments venant de la taille des ceps, puis en déterminant la quantité et la composition des cendres de ces matières, j'ai vu que, sur un hectare, il y avait eu de prélevé [1] :

	kg
Potasse....................	16,4
Soude......................	0,15
Chaux......................	12,5
Magnésie...................	3,2
Acide phosphorique..........	7,2
Acide sulfurique............	1,9

D'après cette donnée, il y aurait dans 1 mètre cube de feldspath orthose assez de potasse pour en fournir à la culture pendant vingt et une années.

J'ai choisi la vigne, parce que les produits exportés,

---

[1] *Agronomie, Chimie agricole et Physiologie*, 2e édit., t. V.

particulièrement le vin, sont riches en potasse. Toutefois il est telle récolte de betteraves, de trèfle, qui prélève plus d'alcali; mais ordinairement les fourrages sont consommés à l'étable, et presque toute la potasse qu'ils contiennent retourne à la terre avec le fumier.

C'est par les engrais que l'on rend au sol les principes qui en ont été enlevés. L'opportunité de la restitution est incontestable; mais, avant d'aller plus loin, il convient d'en préciser le véritable caractère; c'est pour l'avoir méconnu que des savants, étrangers à la pratique de l'agriculture, ont prétendu que la restitution était, dans tous les cas, absolument indispensable; qu'il fallait, après chaque récolte, rendre poids pour poids, qualité pour qualité, les substances sorties avec les plantes, sous peine de voir la terre frappée de stérilité, en s'appuyant sur cette fausse notion qu'elle ne renferme que fort peu de matières minérales nécessaires à la végétation. On arriva ainsi à une théorie dont l'exagération introduisit dans le commerce des engrais un vil charlatanisme.

La vérité est qu'une terre riche, bien constituée, continue à donner des récoltes sans l'intervention du fumier. Les rendements diminuent graduellement jusqu'à une certaine limite, celle de la fertilité *naturelle* dont on se contente dans les contrées où le sol a peu de valeur. C'est la fertilité de certains vignobles, des champs de blé des esplanades des Cordillères, où la récolte est faible en la rapportant à l'unité de la surface cultivée, considérable en la rapportant à l'unité de semence. Par le concours des engrais on pratique, en réalité, la culture intense, celle qui tend à faire rendre beaucoup à un petit espace, la plus avantageuse, sans contredit, là où le sol et la main-d'œuvre atteignent des prix élevés.

La fertilité naturelle est la preuve que dans toute terre végétale il existe des matières agissant à la manière des engrais, puisque, sur cette terre, il y pousse des plantes

contenant des substances salines analogues à celles que l'on rencontre dans les cendres de végétaux venant des cultures fumées. En Russie, dans l'Amérique du Nord, on brûle le bois des forêts pour en retirer la potasse.

L'examen que j'ai fait des terres rapportées de la vallée des Amazones, de nombreuses analyses dues à d'éminents chimistes, établissent qu'il entre dans les terres vierges, ainsi que dans les terres arables, des quantités de substances fertilisantes qu'on était loin d'y supposer. Voici quelques résultats.

Dans un hectare :

Azote appartenant à des matières organiques, herbage d'Argentan (Orne)........................	26000kg
Acide phosphorique (moyenne) de terres arables, d'après M. Schlœsing........................	6500
Acide phosphorique, terres des environs de Nîmes, d'après M. de Gasparin........................	7125

Dans ces terres, l'acide phosphorique équivaudrait à plus de 140 quintaux de phosphate de chaux tribasique par hectare.

Potasse, terre de Cartlow (Liebig)............. 41000kg (1)

La terre arable de Bechelbronn, prise à peu de distance de la vigne de Lampertsloch, renfermerait par hectare :

Azote appartenant à des débris végétaux, à l'humus...	7000kg
Acide phosphorique........................	7120
Potasse soluble........................	2240

On est alors conduit à se demander où est la nécessité de restituer l'azote, la potasse, les phosphates prélevés par une récolte. Pourquoi se préoccuperait-on, en effet, des

(1) C'est la potasse totale, comprenant par conséquent l'alcali insoluble engagé dans les silicates et la potasse formant des combinaisons solubles.

16 kilogrammes de potasse, des 7 kilogrammes d'acide phosphorique emportés par le vin, le marc, les sarments, quand l'hectare planté en vigne est si abondamment pourvu de phosphate et de sels alcalins ?

Une terre est toujours fertile à un certain degré. C'est par cette fertilité naturelle que se développent et vivent les graminées dans les steppes, les arbres dans les forêts, les plantes aquatiques dans les marais ; sans doute, à égalité de climat, à identité de constitution physique, il ne sort pas du sol un poids de matière organisée comparable à celui que fournit la culture intense. Dans les conditions où a lieu la végétation spontanée, l'exportation est nulle ou très-limitée. D'une exploitation forestière, on n'en tire que du bois à des intervalles assez éloignés. Les déjections du bétail restent sur la prairie. Les herbes mortes déposées au fond des étangs sont transformées en tourbe, en humus. Ainsi la terre végétale, directement ou indirectement originaire des roches cristallines, des roches volcaniques, est munie de toutes les substances minérales utiles ; avec le temps elle accroît sa fécondité en s'enrichissant sans cesse des dépouilles d'organismes provenant, en définitive, de l'atmosphère, source intarissable de carbone et de composés azotés assimilables ([1]).

Une étude sur la terre végétale m'a conduit à cette conclusion que tous les principes azotés qu'elle renferme sont loin d'agir avec la même énergie, avec la même promptitude. Il en est dans lesquels l'azote est engagé dans des combinaisons tellement stables, qu'il devient en quelque sorte inerte. Dans plusieurs expériences, en ensemençant une terre fort riche en humus, mais prise en faibles volumes, on reconnut que la majeure partie de l'azote ne fonctionnait pas comme engrais ; la plante ne se dévelop-

---

([1]) *Agronomie, Chimie agricole et Physiologie*, 2e édit., t. I, p. 323.

pait pas plus que si elle fût venue dans du sable calciné ; il fut constaté, par des analyses précises, que les $\frac{96}{100}$ de l'azote appartenant à la terre n'avaient exercé aucune action sur la végétation.

C'était là un résultat bien inattendu, facile à expliquer cependant. Le volume très-restreint de terre dans laquelle avait été déposée la graine ne contenait qu'une proportion extrêmement faible de sels ammoniacaux et de nitrates. En d'autres termes, l'azote assimilable était insuffisant : il eût fallu donner à la plante un volume de terre beaucoup plus fort, la placer dans une situation peu différente de celle qu'elle occupe dans la culture normale, pour lui assurer une dose convenable d'agents fertilisants. L'analyse avait induit en erreur, en ce sens que des agents qu'elle avait signalés ne fonctionnaient pas.

La conséquence de ces recherches, c'est que l'azote, les alcalis, les phosphates, je puis ajouter la silice, existent dans le sol à deux états. Dans l'un, ces matières sont immédiatement absorbables et, par suite, assimilables ; dans l'autre elles ne le sont pas : elles peuvent le devenir avec le temps, lentement, graduellement, ainsi qu'il arrive durant les jachères, que la théorie s'est un peu trop empressée de condamner.

Des faits que je viens d'exposer sommairement il sortit une polémique des plus vives. Liebig prétendait que les sels ammoniacaux n'étaient pas nécessaires dans les engrais, par la raison que les terres, même les plus pauvres, en possédaient surabondamment ; que les sels alcalins, les phosphates seuls intervenaient utilement, le sol n'en contenant que dans d'étroites limites, et que, par conséquent, il fallait les restituer intégralement aux champs ; que ce n'était pas par les substances azotées que le fumier de ferme agissait, mais surtout par les sels alcalins, les phosphates.

Les agronomes n'accueillirent pas cette doctrine, qui eût

conduit à incinérer le fumier avant de le porter sur les champs; mais l'empirisme s'en empara. On fabriqua des engrais minéraux spéciaux pour telle ou telle culture; on en formulait les doses, comme s'il eût été question d'appliquer un médicament.

L'opinion de Liebig sur la richesse des terres en ammoniaque reposait sur cette interprétation que la totalité de l'azote dosé constituait de l'ammoniaque. Il est certain cependant que, dans un sol riche en matières azotées, il peut n'y avoir que fort peu d'ammoniaque *toute formée*. Ainsi, d'après un dosage brut, l'herbage d'Argentan contiendrait, par hectare, 26000 kilogrammes d'azote, représentant 31000 kilogrammes d'ammoniaque; or, par une analyse spéciale, on en a trouvé 300 kilogrammes seulement.

Sans doute dans l'azote total il y a bien l'élément des 31000 kilogrammes d'ammoniaque, quoique, d'après les observations de M. Schlœsing et les miennes, les débris azotés, l'humus, sont généralement transformables en acide nitrique, en nitrates, qui manquent bien rarement dans la terre arable, par la raison que les fumures y déterminent une nitrification active.

Voici, du reste, les résultats de quelques dosages d'acide nitrique dans le sol :

	Dans 1 kilogr. de terre, nitrates exprimés en nitrate de potasse.
	gr gr
Terre de jardins..........	0,004 à 0,950
» de forêts...........	0,004 à 0,090
» de champs cultivés...	0,006 à 1,500

Les terrains issus de roches volcaniques sont, dans quelques localités, fortement nitrifiables. La plaine de Tacunga, dominée par le Cotopaxi, est une nitrière que l'on exploite avec profit; la terre, quand elle n'est pas recouverte de gazon, renferme 2 grammes et plus de salpêtre par kilo-

gramme; dans ses parties les plus ténues, elle consiste en un sable formé de particules de trachyte, de mica, de ponce, de parcelles d'humus d'un brun foncé. Les débris de roches à base d'orthose, de mica, d'oligoclase, d'albite fournissent la potasse, la soude, la chaux, la magnésie aux nitrates que l'on retire par lessivage ([1]).

J'ai dit que, ainsi que les substances azotées, les substances minérales sont à deux états dans le sol. S'il en était autrement, on ne comprendrait pas la nécessité, dans la culture intense, de faire intervenir des amendements alcalins, calcaires ou phosphatés là où ces matières se trouvent déjà en si fortes proportions. La terre de Cartlow, contenant par hectare, d'après l'analyse, 41 000 kilogrammes de potasse, ne devrait pas exiger d'alcali; il est évident que la plus grande partie de la potasse ne s'y rencontre pas en combinaisons solubles, mais qu'elle appartient à du feldspath, à du mica non encore altérés. La cohésion des phosphates calcaires peut aussi être un obstacle à leur dissolution; en un mot, l'analyse ne se prononce pas sur l'état physique des matières qu'elle signale, et par conséquent sur leur aptitude à l'absorption. C'est la *passivité*, tout au moins temporaire, des principes fertilisants, qui oblige le cultivateur à recourir à des amendements immédiatement actifs.

La restitution de ce que la culture enlève aux champs a lieu par les engrais, dont le type est, sans contredit, le fumier sortant des étables; dérivant du foin, il comprend tout ce qui est nécessaire à la végétation. C'est, en effet, par la prairie irriguée que la fertilité du domaine est maintenue. Les herbes qu'elle produit sont nourries avec des matières apportées et accumulées dans le sol par l'eau des sources et des rivières.

Comme engrais *complet*, il n'y a, je crois, que les

([1]) *Agronomie, Chimie agricole et Physiologie*, 2e édit., t. IV, p. 1.

plantes marines qui soient comparables au fumier de ferme. L'origine, au reste, n'est pas sans analogie; les *goëmons,* mélange de différentes algues, sont récoltés depuis des siècles sur les côtes de Bretagne, d'Écosse, d'Irlande. L'Océan est, après tout, une immense prairie, témoin « la mer de *Sargasses,* près du banc de Terre-Neuve, dont l'imagination de Christophe Colomb fut si vivement frappée, et que Oviedo, au XVI[e] siècle, nommait la prairie de Varechs. Une multitude infinie de petits animaux marins habitent ces masses toujours verdoyantes, transportées çà et là par les brises tièdes qui soufflent dans ces parages (1). »

Il y a dans l'application de l'engrais terrestre et de l'engrais marin cette différence que les fucus vont au sol sans passer par le bétail; mais le but qu'on se propose par la fumure est toujours atteint : concentrer sur un espace de terre restreint des matières fertilisantes prélevées à de grandes distances.

La chaux, la marne, le plâtre, les coprolithes, auxiliaires de l'engrais complet, ne contiennent pas sensiblement de potasse. Les amendements alcalins sont peu nombreux. Dans le chlorure de potassium, associé au chlorure de sodium de certains gisements de sel gemme, la potasse est dans une condition peu favorable à l'assimilation. Les roches feldspathiques et micacées sont peut-être, après tout, les seuls amendements minéraux capables de fournir en abondance des alcalis au sol. Il convient d'y joindre la glauconie, silicate de fer et d'alumine tenant jusqu'à 0,07 de potasse, qu'on rencontre dans des terrains crétacés et siluriens de l'Amérique du Nord; déjà on l'exploite comme amendement dans l'État de New-Jersey. On a reconnu que le granite, et mieux encore le feldspath qu'on en dégage,

(1) HUMBOLDT, *Cosmos*, t. I, p. 362.

agissent efficacement, surtout s'il a été préalablement pulvérisé. Aux environs d'Aberdeen, un granite désagrégé est épandu sur les champs à la façon de la marne. En Bretagne, on attribue les excellents effets du chaulage à la propriété qu'aurait la chaux de mettre en liberté la potasse des silicates. Dans les Alpes, dans les montagnes de la forêt Noire, on assure que les eaux coulant sur le granite sont préférables pour l'irrigation ([1]). Les roches cristallines, alors même qu'elles ne sont pas altérées, que leur cohésion n'est pas détruite, cèdent donc de l'alcali. Au contact prolongé de l'eau, les cristaux d'orthose, de mica abandonnent du silicate de potasse; les cristaux d'oligoclase, du silicate de soude. Toutefois, l'action dissolvante est infiniment plus prononcée sur les minerais porphyrisés. C'est ce qui résulte d'une expérience fort intéressante que l'on doit à M. Daubrée. En voici le résumé :

3 kilogrammes d'orthose en fragments angulaires furent mis, avec 5 litres d'eau, dans un cylindre que l'on fit tourner pendant cent quatre-vingt-douze heures. On estime que, par la vitesse de rotation, chaque fragment avait parcouru 460 kilomètres.

On obtint, par l'effet du frottement, $2^{kg},72$ d'un limon extrêmement ténu, et l'eau dans laquelle la trituration avait eu lieu renfermait $12^{gr},6$ de potasse. Par une action purement mécanique, semblable à celle qui est exercée sur les blocs de roches, sur les galets entraînés chaque jour par les torrents, par les fleuves, l'alcali dégagé du feldspath était devenu apte à entrer immédiatement dans l'organisme des végétaux ([2]).

Les roches volcaniques sont alcalifères au même degré que les granites, les gneiss, les micaschistes, les syénites; il s'y

---

([1]) *Enquête sur les engrais industriels;* 1865.

([2]) DAUBRÉE, *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, t. XLIX, p. 997, et *Annales des Mines*, 5e série, t. XII, p. 535.

trouve aussi, en proportions notables, de l'acide phosphorique. Les trachytes, les basaltes, les laves, les rapillis, sont par conséquent des amendements alcalins, phosphatés, ayant sur les roches de la série granitique l'avantage d'être plus aisément réduits en poudre. Parmi les trachytes, il en est dont la richesse en silicates alcalins est exceptionnelle : telle est la domite, dont la pâte à base d'orthose est parsemée de mica. Ces roches sont de précieux agents de fertilité; on doit les considérer comme des minerais d'alcalis, et il est vraisemblable que le jour n'est pas éloigné où l'on en retirera de la potasse pour les besoins de l'agriculture et de l'industrie (1).

---

(1) M. Daubrée rapporte que, dans la Bavière rhénane, où la culture de la vigne est l'objet de soins assidus, le basalte altéré extrait des carrières de Forst est employé pour amender les vignobles de Deidesheim, produisant un des vins les plus estimés du Palatinat.

ÉTUDES

SUR

LA TERRE VÉGÉTALE;

PAR M. TH. SCHLOESING.

La terre végétale a été l'objet des recherches les plus variées, les plus instructives, et nous commençons à la connaître. On s'est rendu compte de sa formation : la plupart de ses propriétés ont été distinguées, quelquefois mesurées; les unes, du ressort de la Physique, se montrent dans ses rapports avec la pesanteur, l'eau, l'humidité de l'air, la chaleur ; les autres sont plus spécialement chimiques, comme celles d'absorber et de retenir les principes fertilisants, de produire de l'acide carbonique, des nitrates, propriétés qui en font à la fois l'atelier de préparation et le magasin des substances minérales nécessaires aux végétaux. Ses relations avec les engrais et les racines des plantes ont été définies, et nous avons des idées rationnelles sur la diffusion des engrais dans le sol, sur le mécanisme de leur absorption par les racines. Aussi, quand nous mettons les notions que nous possédons aujourd'hui en regard des opinions sur la terre végétale qui avaient cours au siècle dernier, nous constatons un immense progrès, accompli surtout par l'application de l'analyse chimique. Mais lorsque, au lieu de comparer le présent au passé, nous faisons le compte de ce que nous savons et de ce qu'il nous faudrait savoir, nous sommes obligés de reconnaître que la terre végétale est encore et sera longtemps un des sujets de recherches les plus féconds. Sans énumérer les questions qui attendent une solution, il suffit, pour

nous en convaincre, de rappeler que nous ne savons pas discerner, dans une terre, les principes nutritifs immédiatement assimilables de ceux qui ne le sont pas, et qu'ainsi nous échappe la question si importante de la mesure de la fertilité : la constitution même de la terre végétale nous est à peine connue; nous disons qu'elle consiste en un simple mélange de sables divers, de calcaire, d'argile, de matière organique ou humus : mais qui dira ce que c'est que l'argile ou l'humus ? Ces deux expressions reviennent si souvent dans les écrits agricoles, qu'on finit par oublier l'ignorance des chimistes sur les matières qu'elles désignent.

On doit donc s'attendre à rencontrer des observations nouvelles, en étudiant quelques-unes des nombreuses questions qui se rapportent à la terre végétale : c'est avec cette conviction que j'ai entrepris depuis plusieurs années diverses recherches que je me décide à publier.

De l'influence des sels contenus dans la terre végétale sur l'ameublissement.

Dans le cours d'expériences ayant pour objet de déplacer par des lavages appropriés et de recueillir la dissolution qui existe dans la terre végétale humide, j'ai souvent observé que le liquide obtenu, toujours limpide pendant une première période de l'opération, passait trouble et chargé de matières limoneuses, quand le lavage était assez prolongé. Au contraire, lorsque je faisais circuler constamment à travers la terre de l'air contenant quelques centièmes d'acide carbonique, j'obtenais indéfiniment des liquides parfaitement clairs. L'effet principal de l'acide carbonique était d'entretenir dans la dissolution une certaine proportion de bicarbonate de chaux ; je pensai donc qu'il y avait quelque rapport entre la limpidité des eaux et

la présence de ce sel, et je fus conduit à expérimenter l'action de diverses substances salines sur les limons que la terre végétale abandonne à l'eau.

J'exposerai d'abord les faits très-simples que cette recherche a mis en évidence : j'en déduirai ensuite quelques conséquences intéressantes.

Après avoir lavé avec de l'eau pure de la terre végétale placée sur un filtre, afin d'en éliminer les matières solubles, on la délaye dans l'eau distillée, et on laisse reposer. Quand les éléments sableux se sont rassemblés au fond du vase, le liquide, qui contient encore d'autres éléments qu'on a l'habitude d'appeler *argile*, est décanté et abandonné à un long repos. Du sable de plus en plus fin continue à se déposer; mais le liquide demeure trouble : il retient obstinément du limon et le conserve en suspension, pour ainsi dire indéfiniment. L'intensité du trouble dépend naturellement de la quantité d'argile contenue dans la terre.

La suspension prolongée des limons ne se produit plus, lorsqu'on délaye la terre dans de l'eau commune tenant en dissolution certaines doses de sels, comme l'eau de Seine, par exemple : on ne l'obtient certainement qu'en employant l'eau distillée.

Mais vient-on à verser et à mêler par l'agitation quelques gouttes d'un sel calcaire ou magnésien dans de l'eau pure chargée de limon, dès que le mouvement a cessé, le limon, jusque-là disséminé dans tout le liquide, semble subir une véritable coagulation; il se réunit en flocons très-apparents, et tombe au fond du vase; l'eau s'éclaircit ou s'éclaircira bientôt tout à fait. Le temps nécessaire pour la formation du dépôt et la clarification de l'eau varie selon la quantité de limon en suspension : s'il y en a beaucoup, les flocons forment comme un réseau serré qui agit, en descendant, comme un vrai filtre, et laisse au-dessus de lui un liquide limpide; s'il y en a peu, la coagulation

n'est plus aussi évidente ; il arrive même, quand l'eau est très-peu limoneuse, qu'on ne voit plus de flocons ; mais le fait capital, la précipitation du limon se produit toujours, non plus immédiatement, mais après un intervalle de temps variable de quelques heures à quelques jours.

Les argiles diverses, dites *plastiques*, *smectiques*, présentent la même propriété que les limons des terres arables, quand elles ont été purifiées au moyen de lavages convenables avec des acides et des alcalis en dissolution étendue.

Bien que la dose du sel calcaire ou magnésien suffisante pour produire la coagulation soit très-petite, il ne faudrait pas croire qu'elle puisse décroître indéfiniment, et qu'une *trace* de sel soit capable de précipiter les limons. Il y a pour chaque sel, et probablement aussi pour chaque sorte de limon, une dose minima, au-dessous de laquelle la coagulation paraît ne plus avoir lieu. Plus la dose employée s'approche de cette limite, tout en restant au-dessus, plus il faut de temps pour que la précipitation du limon et la clarification du liquide soient complètes. Voici des chiffres destinés seulement à donner une idée des effets de quelques doses.

Une quantité de chlorure de calcium, de sulfate ou de nitrate de chaux représentant $\frac{2}{10000}$ de chaux réelle pour 1 de liquide limoneux, produit immédiatement la coagulation, pourvu, bien entendu, que la quantité de limon soit suffisante pour l'apparition du phénomène.

La quantité de chaux réelle étant de $\frac{1}{10000}$, comme dans l'eau de Seine, qui en renferme environ 100 milligrammes par litre, la coagulation se produit encore très-visiblement ; si l'eau est peu limoneuse, la clarification exige deux à trois jours.

La dose de $\frac{5}{1000000}$, soit 50 milligrammes de chaux réelle par litre, m'a paru inefficace ; du moins, elle n'a pas

éclairci l'eau limoneuse en six semaines : mais je ne puis dire qu'elle n'aurait pas fini par précipiter tout le limon au bout d'un temps considérable. Je ne saurais assez répéter que la dose limite varie avec la nature du sel, le temps, l'espèce, et peut-être la quantité du limon, et qu'en pareille matière les chiffres peuvent bien s'appliquer à un cas particulier, mais n'ont pas de valeur absolue.

Les divers sels calcaires et la chaux caustique sont les précipitants les plus actifs; les sels magnésiens les suivent de près s'ils ne les égalent; ceux de potasse sont moins efficaces, ceux de soude et d'ammoniaque le sont encore moins.

Les acides sulfurique, chlorhydrique, nitrique, possèdent également la propriété de coaguler les limons. Quand ceux-ci contiennent du carbonate de chaux ou de magnésie, ce qui arrive le plus souvent, on peut attribuer l'effet des acides à la formation d'un sel calcaire ou magnésien; mais il est facile de se convaincre que les acides ont réellement une action propre : il suffit de traiter d'avance les limons ou argiles par un acide, et de les laver, pour éliminer tout sel soluble; on les met ensuite en suspension dans l'eau distillée : on peut constater alors qu'ils sont coagulables par des doses d'acide extrêmement faibles.

Les alcalis employés à petite dose ont une propriété absolument contraire : loin de coaguler les limons, ils facilitent leur suspension. Toutefois, la potasse et la soude agissent comme précipitants, lorsque leur dose dépasse certaines limites. Je reviendrai, dans un autre travail, sur ce mode d'action des alcalis, dont j'ai fait un moyen précieux d'analyse.

On sait combien est lente la filtration des eaux limoneuses à travers le papier : d'abord elles passent troubles, elles ne filtrent limpides qu'après l'engorgement des pores

du papier par le limon ; mais alors le filtre est devenu presque imperméable. Ces inconvénients disparaissent quand le limon a été coagulé par un sel ou un acide : seulement, lorsqu'on le lave à l'eau distillée, il vient un moment où la filtration est retardée, puis presque arrêtée : c'est qu'alors le limon, débarrassé de sels ou d'acides, n'est plus retenu dans cet état d'agrégation qui ressemble à une coagulation, et il abandonne à l'eau des particules qui traversent le filtre, puis l'engorgent.

J'ai constaté, en effet, bien des fois qu'un limon peut successivement être coagulé, reprendre la faculté de rester en suspension, après l'élimination de l'agent *coagulateur*, être coagulé de nouveau par le même agent, et ainsi de suite, indéfiniment.

On ne me demandera pas d'expliquer les effets produits sur les limons par les dissolutions salines : je ne puis que signaler leur analogie avec la coagulation, par des agents salins, de la silice, de l'alumine colloïdales, et d'autres substances appartenant à la même classe. Graham rapporte, à ce sujet, que l'alumine soluble est une substance tellement instable, qu'elle ne peut être transvasée d'un verre dans un autre sans se prendre en gelée, à moins que les verres n'aient été lavés à plusieurs reprises avec de l'eau distillée. Au reste, tous les chimistes ont observé que certains précipités traversent les filtres quand ils n'ont pas été agrégés par un repos suffisant, ou quand le réactif précipitant fait défaut, ou bien lorsque les lavages ont éliminé les sels solubles : ces faits sont encore analogues à ceux que nous présentent les limons : les uns et les autres doivent procéder des mêmes causes.

J'entrerai maintenant dans quelques considérations sur des phénomènes qui sont en relation étroite avec ceux que je viens de rapporter. Si l'on veut bien se rappeler que les

limons interviennent dans des phénomènes d'un grand intérêt, tels, par exemple, que la destruction et l'entraînement de la terre végétale, la formation de terrains récents et anciens, la clarification des eaux courantes employées comme eaux potables, j'espère qu'on ne m'accusera pas d'exagérer les conséquences de quelques observations très-élémentaires.

J'émiette entre les doigts une terre végétale humide : cette opération la met dans un état d'ameublissement presque parfait. Je la verse ensuite dans une grande allonge verticale, au fond de laquelle ont été placés des débris de verre ou de porcelaine recouverts de gros sable, et je l'arrose d'eau distillée débitée goutte à goutte et continuellement : à mesure que l'eau distillée pénètre dans la terre, elle chasse devant elle la dissolution saline de nitrates, sulfates, chlorures, bicarbonates de diverses bases dont cette terre était imbibée au début de l'expérience. Aussi je constate que les particules qui occupent le haut de l'allonge et baignent dans l'eau distillée se détruisent peu à peu et finissent par former une pâte, pendant que, dans le bas de l'allonge, les particules, tout aussi inondées et même plus pressées, mais en contact avec une dissolution saline, résistent au délayage et ne subissent aucune déformation.

Je répète cette expérience avec un deuxième lot de la même terre, dans des conditions identiques ; seulement l'eau distillée est remplacée par de l'eau commune ; je n'observe plus aucun changement dans la disposition des particules ; le lavage peut être prolongé indéfiniment sans que l'état d'ameublissement de la terre en souffre en aucune façon.

Les différences entre les résultats de ces deux expériences s'expliquent bien simplement : l'argile est un ciment pour les éléments sableux de la terre ; elle les relie et

leur donne de la consistance. Tant qu'elle demeure coagulée par les sels de la terre, elle conserve cette précieuse propriété ; mais, si elle est lavée par de l'eau pure et privée des agents de la coagulation, elle perd, au moins en partie, l'état d'agrégation qui en faisait un ciment ; chaque particule est alors un petit édifice qui s'écroule, l'ameublissement disparaît, la terre devient une pâte.

Toutes les terres ne se prêtent pas également bien à ces expériences, il en est qui contiennent en assez grande quantité un autre ciment différent de l'argile, et dont je m'occuperai bientôt ; leurs particules, constituées plus solidement, peuvent résister à l'eau distillée. Mais un grand nombre de sols ne sont pas aussi favorisés : la pluie, eau distillée de l'atmosphère, doit donc réaliser dans les champs, sur une immense échelle, les phénomènes que nous venons d'étudier dans une allonge.

Mais il existe, heureusement, entre les conditions des phénomènes naturels et celles de notre expérience, des différences sur lesquelles nous devons nous arrêter un moment. Dans notre expérience, quoique l'eau soit débitée lentement, il en passe en quelques heures une quantité qui représente, eu égard à la section de l'allonge, une colonne d'eau de 25 à 40 centimètres ; c'est une hauteur de pluie énorme. Si nous pouvions modérer le débit de manière à imiter plus fidèlement les chutes ordinaires de pluie, les écroulements des particules seraient bien moins nombreux ; ils n'auraient même plus lieu du tout si le débit était assez lent ; ce n'est pas que l'eau ait une action mécanique sensible sur les particules, par sa vitesse propre de circulation : c'est une action chimique qui intervient ici. Parmi les sels dissous dans la terre végétale, celui qui est de beaucoup le plus abondant, le bicarbonate de chaux, a la propriété de se reproduire sans cesse ; l'acide carbonique libre provenant de la combustion du terreau rencontre le car-

bonate de chaux qui fait partie des éléments du sol, ou bien qui est apporté dans les terres non calcaires par les engrais, le chaulage, le marnage. De là résulte une dissolution contenant d'autant plus de bicarbonate que l'acide carbonique est plus abondant dans l'atmosphère du sol; elle est presque toujours assez riche pour coaguler les limons. Or cette dissolution ne se produit qu'avec une certaine lenteur; si le lavage de la terre est trop rapide, la quantité de bicarbonate formée dans un temps donné est trop faible pour la quantité d'eau qui passe dans ce même temps; la terre se trouve en présence d'une dissolution trop étendue incapable de coaguler l'argile; celle-ci se délaye donc, et les particules s'écroulent: c'est ce qui arrive dans notre expérience. Au contraire, quand le lavage est très-lent, la dissolution atteint et dépasse la dose minima de coagulation; car la même quantité de bicarbonate que nous considérions à l'instant se dissout dans une quantité bien moindre d'eau: alors l'argile demeure coagulée, et les particules conservent leur solidité. C'est ce qui a lieu presque toujours pour la terre végétale en temps de pluie; son lavage est d'une lenteur extrême. D'ailleurs les pluies sont coupées par des interruptions pendant lesquelles l'eau nouvellement absorbée peut compléter sa provision de bicarbonate. Enfin l'évaporation recommence après chaque chute d'eau, et rappelle vers la surface, comme l'a fait remarquer M. Isidore Pierre, les sels entraînés dans le sol.

Lorsque la pluie tombe avec violence, nous voyons paraitre un nouveau moyen de préservation : sous le choc de l'eau, la surface du sol se désagrége, et les champs se couvrent d'une couche de pâte fort peu perméable, en sorte que les couches de terre sous-jacentes demeurent dans le cas des pluies modérées. C'est ainsi que la terre végétale trouve sans cesse, dans les sels qu'elle produit elle-même, ou qu'on lui donne avec les engrais, des agents qui com-

battent les effets physiques de la pluie et prolongent la durée de son ameublissement.

La coagulation des limons par les dissolutions salines très-étendues explique une autre propriété fort intéressante de la terre végétale, celle d'agir à l'égard des eaux troubles comme un filtre parfait.

Supposons un instant que la terre soit dépourvue de sels, et que la pluie qui la traverse en sorte eau distillée, comme elle y est entrée. Loin de retenir le limon délayé à la surface par les eaux pluviales, la terre leur en céderait au contraire sur tout leur trajet, ainsi que le montre l'expérience rappelée au début de ces recherches; il en résulterait que toutes les eaux qui drainent le sol, se réunissent dans les sources et coulent dans les rivières seraient plus ou moins souillées de limon. Quant à la terre végétale, elle subirait une lente dissociation; son argile entraînée irait à la mer; il nous resterait un mélange de calcaire et de sable.

Des exemples d'une telle séparation doivent s'être produits dans le cours des temps géologiques; pour les admettre, il suffit de concevoir que des mélanges d'argile et de sable aient été exposés au lavage par les eaux pluviales. La présence du calcaire n'aura pas préservé l'argile de l'entraînement, si le lavage a eu lieu avant que la végétation, source des débris qui fournissent l'acide carbonique et par suite le bicarbonate de chaux, se soit emparée du terrain.

Restituons maintenant à la terre ses éléments salins. Nous venons de voir que l'eau de pluie y est changée en une dissolution capable de coaguler les limons. Dès lors elle ne peut plus délayer l'argile qu'elle rencontre; elle ne peut pas davantage l'entraîner mécaniquement; son mouvement est beaucoup trop lent pour produire des effets pareils à ceux que nous montre la surface du sol quand elle est battue et ravinée par les pluies. Elle se dépouille au contraire du limon qu'elle a pu enlever à la surface; c'est le résultat des attractions que les agents coagulateurs déve-

loppent entre les molécules limoneuses : l'argile délayée de la surface se fixe, se *colle* sur l'argile de l'intérieur.

Ainsi l'on peut dire que c'est à la présence de quelques sels, surtout des sels calcaires, que la terre végétale doit sa permanence ; c'est encore à eux que les eaux de drainage et la plupart des sources doivent leur parfaite limpidité. Quand ils font défaut, les eaux, une fois souillées de limon, ne le déposent plus. Je n'en citerai qu'une preuve : c'est la persistance des troubles dans les eaux qui sortent des glaciers.

Ces eaux ne se dépouillent de leur limon qu'après s'être mélangées avec celles d'affluents qui leur apportent les sels calcaires dont elles sont privées. Il ne suffit pas, comme on l'a cru jusqu'ici, sans se rendre bien compte des phénomènes, qu'elles se reposent dans de grands bassins naturels, comme par exemple le Rhône dans le lac de Genève ; il faut encore qu'elles y trouvent des précipitants convenables. Il serait très-intéressant de comparer à ce point de vue la composition des eaux à leur entrée et à leur sortie de ces bassins, ou encore celles de divers lacs dont les eaux présentent des couleurs très-différentes.

Les éléments de ces comparaisons me font défaut. Je trouve seulement dans le Mémoire classique de M. H. Sainte-Claire Deville sur les eaux potables l'analyse des eaux du Rhône prises à Genève, c'est-à-dire en un lieu où elles possèdent encore la composition de celles du lac. Faisant abstraction des sels alcalins, j'y vois que l'eau du Rhône contient, pour 10 litres :

		Chaux.	Magnésie.
	mg	mg	mg
Carbonate de chaux ..	789	442	»
Carbonate de magnésie	49	»	23,6
Sulfate de chaux.....	466	192	»
Sulfate de magnésie...	63	»	21,2
		634	44,8

Soit pour 1 litre :

	mg
Chaux..................	63,4
Magnésie................	4,5

Ces deux bases, joignant leurs effets, précipitent les limons du Rhône à son arrivée; c'est à elles que le lac de Genève doit vraisemblablement son admirable limpidité.

Je dois ici aller au-devant d'une objection : le lac est alimenté principalement par le Rhône : comment aurait-il une dose suffisante de sels, si le fleuve ne la possédait pas d'avance. Si les sels des eaux consistaient seulement en sulfates, chlorures et nitrates, il serait difficile de répondre : mais le sel dominant y est encore comme dans les sols le bicarbonate de chaux; or on peut parfaitement admettre qu'il se produit, en partie, dans le lac même, à la faveur de l'acide carbonique aérien et du carbonate de chaux, qui existe en poudre impalpable dans les limons. Bineau a montré depuis longtemps que l'eau pure dans laquelle on a délayé une petite quantité de carbonate de chaux se charge après vingt-quatre heures de contact avec l'air d'une quantité de bicarbonate représentant environ 60 milligrammes de carbonate de chaux neutre par litre. Depuis, j'ai précisé les observations de Bineau, et j'ai fait connaître la loi suivant laquelle le bicarbonate de chaux, produit en présence de l'acide carbonique, varie en fonction de la tension de ce gaz : il résulte de cette loi qu'à la température ordinaire, en présence de l'atmosphère, l'eau peut former assez de bicarbonate pour contenir l'équivalent de 76 milligrammes de carbonate neutre par litre; qu'elle reçoive en sus, comme appoint, de très-petites quantités d'autres sels calcaires apportés par les rivières, et elle atteindra la dose efficace pour la précipitation des limons. Il est bien remarquable que l'analyse des eaux du lac de Genève donne $78^{mg},9$ de carbonate de chaux, comme si les eaux du Rhône s'étaient saturées de bicarbonate pendant leur repos.

Le Mémoire de M. H. Sainte-Claire Deville fournit sur les eaux de nos grands fleuves des renseignements pleins d'intérêt au point de vue de la précipitation des limons.

En calculant, d'après les analyses, les quantités de chaux et de magnésie qu'elles renferment, je trouve les nombres suivants rapportés à 1 litre :

	Garonne.	Seine.	Rhin.	Loire.	Rhône.
	mg	mg	mg	mg	mg
Chaux...	36,1	104,0	82,0	27,0	63,4
Magnésie.	1,6	1,3	2,4	2,9	4,5

Les eaux de la Seine, en première ligne, puis celles du Rhin doivent déposer leurs limons en quelques jours; il est probable qu'il faut plus de temps aux eaux du Rhône, et je doute fort que les eaux de la Garonne et de la Loire deviennent limpides après un long repos.

Le séjour des eaux limoneuses, soit dans les lacs, soit à la surface du sol pendant les grands débordements, est une condition de clarification nécessaire, mais rarement réalisée : la masse des limons arrachés à la terre végétale va donc à la mer. La question des atterrissements formés aux embouchures des fleuves a été traitée, dans des leçons célèbres, par M. Élie de Beaumont : elle paraît épuisée. Cependant on me permettra une seule observation, qui se rapporte à la fois aux atterrissements et à mon sujet : c'est que les sels de la mer précipitent rapidement les limons des fleuves, et activent ainsi leur dépôt dans le voisinage des embouchures. Leur dose élevée explique d'ailleurs surabondamment la limpidité parfaite des eaux marines et leur rapide clarification, lorsqu'elles ont été souillées de vase le long des côtes par l'agitation des flots.

Je reviens à la question des troubles des rivières. Ce que j'en ai dit doit intéresser les ingénieurs chargés de pourvoir les villes d'eaux potables. La recommandation de M. Belgrand de choisir de préférence les eaux de sources, constamment fraîches et limpides, ne peut pas toujours être suivie. Dans le cas où il faut puiser aux rivières, l'analyse des eaux, faite au point de vue de la précipitation des li-

mons, doit fournir des éléments très-utiles de discussion. Je prendrai comme exemple les eaux de la Durance, conduites jusqu'à Marseille par l'éminent ingénieur de Montricher. Pendant plusieurs années, les eaux distribuées ont été extrêmement limoneuses, malgré leur séjour dans plusieurs bassins de dépôt. Cela ne doit plus étonner maintenant. La Durance a un débit très-inégal, comme les rivières qui descendent des montagnes; ses crues sont produites principalement par de grands apports d'eaux superficielles qui, n'ayant pas pénétré dans la terre arable, ne sont pas chargées de bicarbonate de chaux : en même temps apparaissent les limons. Ainsi les troubles surviennent précisément quand les eaux ont perdu la propriété de les précipiter. On comprend sans peine que les bassins de dépôt établis en prévision d'une prompte précipitation des limons aient été insuffisants. Depuis, un immense lac artificiel a été créé; c'est un réservoir dans lequel un temps considérable est donné à la formation des dépôts, et où se produit probablement du bicarbonate calcaire; une grande amélioration a été réalisée par ce moyen. Il est probable qu'en diverses localités les eaux potables empruntées à des rivières, qui ne présenteraient pas la dose voulue de chaux, pourraient être amendées par leur mélange avec des eaux de source fortement calcaires, ce qui leur permettrait de se dépouiller du limon dans un court espace de temps.

De l'influence du terreau sur l'ameublissement du sol.

La terre ameublie, c'est-à-dire divisée en particules laissant entre elles des interstices pour la circulation de l'air et de l'eau, ne pourrait conserver cet état si les débris minéraux dont elle se compose n'étaient agglomérés par des substances remplissant la fonction d'un ciment. L'argile est considérée comme le ciment de la terre végétale; on vient de voir qu'elle y demeure coagulée par les sels solubles,

surtout par les sels calcaires, et que la présence de ces composés est une condition du maintien de l'ameublissement. L'argile est-elle seule chargée de cimenter les particules du sol ? N'y a-t-il pas quelque autre matière qui partage ce rôle avec elle ? Telle est la question que je vais examiner.

Pour cimenter convenablement les éléments sableux, l'argile doit atteindre une proportion minima, au-dessous de laquelle son action devient inefficace. Il ne suffit pas, remarquons-le bien, que le mélange soit cohérent à l'état sec : il faut qu'il demeure tel à l'état humide, et même quand il est noyé, ainsi qu'il arrive aux particules de terre végétale. C'est une condition qui doit élever la dose d'argile nécessaire et suffisante.

Cette dose peut être déterminée par des expériences très-simples. On débarrasse une terre végétale de l'argile et des débris organiques en la soumettant à la lévigation ; il reste un mélange de sables divers que l'on calcine au rouge sombre pour détruire tout reste de ciment. D'autre part, on purifie également par lévigation l'argile que l'on veut éprouver ; on la conserve à l'état d'une pâte homogène dont on détermine l'humidité, afin d'en pouvoir calculer les quantités correspondant à des poids demandés d'argile sèche.

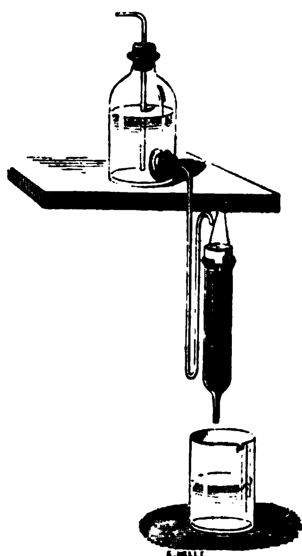
On compose ensuite une série de mélanges de sable et d'argile, tels que les suivants :

Argile......	1	5	10	15	20
Sable.......	99	95	90	85	80
	100	100	100	100	100

Les deux éléments d'un mélange sont humectés, pétris, corroyés, puis mis à sécher à l'air, jusqu'à ce qu'ils soient assez ressuyés pour être émiettés sous les doigts : ainsi divisée en particules, la matière est introduite et légèrement tassée dans un large tube vertical, dont le fond étiré a été garni de débris de verre et de gros sable. Elle

est ensuite arrosée pendant trois ou quatre jours, avec de l'eau débitée goutte à goutte, très-lentement. Du coton humide doit couvrir la surface du mélange, et la garantir du choc des gouttes d'eau. Il ne faudrait pas employer ici de l'eau distillée ; il s'agit d'étudier l'argile à l'état qu'elle affecte dans la terre arable ; l'eau qui traverse le tube doit donc contenir deux à trois dix-millièmes de sels calcaires, dose bien suffisante pour produire et maintenir la coagulation.

Quand un liquide doit être débité très-lentement et



longtemps, un robinet ne peut plus régler l'écoulement avec certitude. Son orifice n'est plus alors qu'une fente très-étroite, qui arrête les moindres corpuscules et change fréquemment de débit. En pareil cas, j'ai depuis longtemps l'habitude de remplacer les robinets par de longs tubes capillaires adaptés à la tubulure inférieure d'un

flacon de Mariotte, ainsi que le représente la figure. Le frottement du liquide dans le tube retarde tellement le débit qu'il faut une pression de plusieurs centimètres d'eau pour obtenir quelques gouttes dans une minute : on a donc toute la marge nécessaire pour régler l'écoulement en abaissant ou élevant le tube droit du flacon. D'ailleurs la section du tube capillaire, d'environ 1 millimètre, laisse passer facilement les poussières du liquide.

Les signes d'après lesquels on juge si la proportion d'argile est suffisante sont très-nets. Cette proportion est trop faible quand la forme et la disposition des particules sont altérées par l'arrosage ; la matière s'affaisse, tapisse la paroi du tube, et finalement prend l'apparence d'une pâte qui intercepte la circulation de l'eau. Elle est suffisante quand les particules gardent indéfiniment leur aspect primitif. En composant de nouveaux mélanges, intermédiaires entre ceux qui ont présenté des signes contraires, on arrive aisément à déterminer la proportion limite d'argile qui assure la stabilité des particules.

C'est ainsi que j'ai trouvé qu'il faut au moins 11 d'argile de Vanves dans 100 de mélange sec, pour obtenir des particules capables de résister à l'eau calcaire. Il en fallait un peu plus quand je remplaçais le sable par de la craie.

La propriété d'agir comme ciment est très-variable, sans aucun doute, chez les diverses argiles ; elle doit être en relation avec la plasticité. L'argile de Vanves étant éminemment plastique, il est à croire que, pour beaucoup d'autres, la proportion limite s'élève au-dessus de 11 pour 100.

Après avoir acquis ces renseignements, je devais soumettre des terres végétales peu argileuses aux mêmes épreuves que les simples mélanges de sable et d'argile, afin de voir si elles présentaient des différences quant à la proportion limite du ciment. Les terres choisies pour ces nouveaux essais contenaient de 5 à 10 pour 100 d'argile. Toutes se sont parfaitement comportées ; leurs particules

n'ont souffert en rien du lavage prolongé à l'eau calcaire.

Une telle résistance eût été impossible, si l'argile était le seul ciment de la terre végétale ; d'où j'ai conclu, naturellement, qu'à côté d'elle une autre matière peut suppléer à son insuffisance.

Sur ce point, l'expérience suivante est très-instructive.

Me proposant de compléter l'analyse d'une terre non calcaire en déterminant la quantité d'acides bruns dits *humiques* que j'en pourrais extraire, j'avais émietté 500 grammes de cette terre dans une allonge, et les avais lavés longtemps avec de l'acide chlorhydrique faible ; je voulais ainsi éliminer les bases combinées aux acides humiques, et préparer ceux-ci à se dissoudre dans de l'eau légèrement alcaline. Je ne remarquai aucun changement dans l'aspect de la terre pendant le lavage avec l'acide ; mais, dès que la dissolution alcaline, versée goutte à goutte comme l'avait été l'acide, fut en contact avec les particules de la terre, je les vis se désagréger au sein d'une liqueur brune ; leurs débris formèrent bientôt une couche imperméable, et je dus renoncer à pratiquer de la sorte mon attaque par un alcali. Ainsi la destruction des particules marchait de pair avec la dissolution des acides bruns : je pensai dès lors que les humates, substances appartenant sans aucun doute à la classe des colloïdes, possédaient la propriété commune à ces corps, et d'où Graham a tiré leur nom, de fonctionner à petite dose comme ciment, en un mot de coller. Cette hypothèse concordait avec ce fait, constaté depuis longtemps par M. Chevreul, que l'alios des Landes consiste en sable agglutiné par une matière brune, d'origine organique, et produite par la décomposition des végétaux ; elle expliquait encore l'opinion très-répandue qui attribue au terreau la propriété de donner du corps aux terres trop légères ; mais il était nécessaire de la vérifier par des essais synthétiques : je vais exposer ceux que j'ai exécutés.

Pour savoir si les humates peuvent réellement *coller* des poudres minérales dénuées de cohésion, il suffirait de délayer de petites quantités de ces colloïdes avec du sable, de la craie, de l'argile, en proportions variées ; on laissait sécher ces mélanges jusqu'à ce qu'on pût les émietter, puis on les introduisait dans des tubes, et on les soumettait à l'épreuve par l'eau calcaire. C'était la répétition des expériences sur les mélanges de sable et d'argile, faites dans le même but de voir si les particules résisteraient à l'eau.

Pour extraire de la terre végétale une certaine quantité d'acides bruns, il convient d'opérer sur 2 ou 3 kilogrammes. Il ne faudrait pas chercher à les dissoudre immédiatement dans une liqueur alcaline, comme le conseillent les Traités de Chimie agricole. Ces acides, combinés à de la chaux, de l'alumine, de l'oxyde de fer, sont à l'état d'humates fort peu solubles dans les alcalis. Il faut d'abord en éliminer les bases, au moins en partie, et pour cela traiter la terre par l'acide chlorhydrique versé à diverses reprises, jusqu'à ce que, tout le calcaire étant décomposé, la liqueur reste très-sensiblement acide. La matière est alors jetée sur une toile recouverte de papier à filtre, et lavée avec de l'eau distillée. On l'introduit ensuite dans un flacon d'une trentaine de litres, et on l'agite avec une dissolution faible de potasse, de soude ou d'ammoniaque. Après avoir laissé digérer pendant quelques heures, on remplit le flacon d'eau distillée, on agite et on laisse reposer. Le sable se précipite, mais l'argile demeure en suspension au sein d'une liqueur brune. Celle-ci étant décantée dans un second flacon, il s'agit de séparer l'argile de l'humate dissous. On y arrive par la coagulation de l'argile ; mais il faut bien se garder d'employer quelque sel calcaire, magnésien ou autre, capable de former, par double échange, des humates insolubles : on précipiterait tout à la fois. On se servira de chlorure de potassium, de sodium ou d'ammonium, employés à la dose de 2 à 5 grammes par litre.

Dans cette opération, on perd toujours une partie très-notable des humates, que l'argile coagulée entraîne avec elle. Le dépôt se forme très-lentement, et ce n'est qu'après vingt-quatre ou quarante-huit heures qu'il convient de décanter la liqueur toujours brune, mais limpide, dans une grande terrine. On la neutralise alors, en y versant avec précaution de l'acide chlorhydrique, jusqu'à ce qu'il se forme un peu de précipité; puis on ajoute une dissolution étendue d'un sel de chaux, d'alumine ou de peroxyde de fer, selon la base qu'on veut combiner à l'acide humique. Finalement le précipité est filtré, lavé, ressuyé jusqu'à ce qu'on en puisse faire une pâte ferme, homogène, que l'on conserve dans un flacon bouché, en attendant de s'en servir pour composer des terres artificielles.

Il est nécessaire de déterminer la portion d'acides bruns que cette pâte renferme; on en prend donc un poids déterminé de 5 à 10 grammes, qu'on sèche à 120 degrés, puis on brûle le résidu, et l'on déduit simplement le poids de matière organique de la différence entre le poids du résidu et celui des cendres, sans tenir compte de l'acide carbonique que celles-ci ont pu retenir : la détermination ainsi faite n'est qu'approchée, mais suffisante pour le genre d'expériences qu'il reste à exécuter.

L'extraction des humates du terreau de jardinier se fait de la même manière; elle est un peu plus simple, parce qu'on est dispensé de la séparation de l'argile.

J'ai composé d'abord des mélanges ne contenant que du calcaire, du sable extrait d'une terre végétale et de l'humate de chaux; le ciment argile en était exclu.

Série A.

	I.	II.	III.	IV.
Sable	99	82,5	66	0
Calcaire	0	16,5	33	99
Matière organique de l'humate	1	1	1	1
	100	100	100	100

Ces quatre mélanges, émiettés à l'état humide et placés dans des tubes, ainsi que je l'ai dit, ont parfaitement résisté, non-seulement à l'eau calcaire, mais encore à l'eau distillée.

On sait que l'eau seule peut bien cimenter passagèrement des grains de sable ou de calcaire, quand elle ne fait que les humecter; mais les particules ainsi constituées s'affaissent aussitôt qu'elles sont arrosées. C'était donc bien certainement l'humate qui cimentait le sable et le calcaire de mes mélanges : 1 pour 100 de cette matière organique seulement a produit au moins autant d'effet que 11 d'argile de Vanves.

Modelés en forme de petits cylindres ou de boulettes, et mis à sécher, ces mêmes mélanges ont acquis assez de dureté pour pouvoir être projetés sur le carreau sans se briser.

Dans les mélanges suivants, j'ai introduit quelques centièmes d'argile de Vanves, doses bien insuffisantes pour cimenter les autres éléments. En les composant, j'ai été frappé de la ressemblance singulière qu'ils présentaient avec la terre végétale, à mesure que les matières étaient plus parfaitement mêlées; un agriculteur aurait quelque peine à saisir des différences entre l'une de mes terres artificielles et la terre végétale.

Série B.

	Humate de chaux.			Humate d'alumine.	
	I.	II.	III.	II *bis.*	III *bis.*
Sable	89	94	47	94	47
Calcaire	4	0	47	0	47
Argile	5,4	4,2	4,2	4,2	4,2
Matière organique de l'humate.	1	1,2	1,2	1,2	1,2
	99,4	99,4	99,4	99,4	99,4

Ces mélanges ont résisté, comme les premiers, à l'action de l'eau calcaire; je devais m'y attendre, puisque, outre le

ciment argile, ils contenaient à peu près les mêmes proportions de ciment humate que les mélanges de la série A.

Je viens de dire que les humates sont supérieurs à l'argile comme ciments; mais l'argile pourrait bien l'emporter à son tour à un autre point de vue. Elle peut subir indéfiniment des alternatives de sécheresse et d'humidité sans rien perdre de sa qualité. En est-il de même pour les humates? Nous connaissons des précipités gélatineux qui s'agrégent en séchant et forment de petites masses passablement dures ; ce sont autant de ciments. J'en ai fait l'épreuve en mêlant à du sable de l'alumine, du peroxyde de fer, des phosphates de ces deux bases : les mélanges ont pris de la cohésion en séchant, leurs particules ont très-bien résisté à l'eau; mais, quand ils ont été broyés après dessiccation, ils sont devenus incapables de contracter quelque cohésion sous l'influence de l'humectation, parce que l'alumine, l'oxyde de fer et leurs phosphates ne reprennent plus l'état gélatineux qu'ils ont perdu en séchant. Il convenait de rechercher si les humates sont dans le même cas.

La question n'est pas sans intérêt. La terre végétale subit des sécheresses pendant lesquelles le piétinement des hommes et des animaux et le passage des voitures réduisent en poudre une portion de la surface. Si la terre est peu argileuse, et si l'humate, une fois séché et broyé, n'agit plus à la façon d'un ciment, la poussière produite ne s'agrégera plus; et l'on peut croire que, peu à peu, les mêmes effets se reproduisant, les humates n'auront plus la propriété physique que je leur attribue.

Remarquons d'abord que la provision de principes humiques, constamment attaquée par la combustion lente, doit être constamment entretenue par les engrais d'origine végétale : ces engrais produisant des humates nouveaux, la destruction d'une partie du ciment organique à la surface du sol n'empêchera donc pas qu'il s'établisse un régime pour l'ameublissement par les humates, un équi-

libre entre la perte et le gain de ciment, comme il s'en établit pour la provision de terreau.

Néanmoins, il était utile de soumettre mes terres artificielles à l'épreuve du broyage après dessiccation, pour savoir si l'humate perdrait sa propriété. Je les ai donc pulvérisées, humectées et disposées dans des tubes : j'ai attendu dix-huit heures avant de les arroser, pour laisser à l'eau le temps d'agir sur la matière organique.

Les terres de la série A ont fourni les observations suivantes :

Le n° 1, exempt de calcaire, a résisté pendant quelques heures; puis ses particules se sont déformées.

Les n°s 2, 3 et 4 ont résisté encore moins : les terres ont été réduites en pâte d'autant plus vite qu'elles contenaient plus de calcaire; la craie a hâté la destruction des particules, ce que j'attribue au gonflement qu'elle éprouve dans l'eau.

Ainsi les humates ont réellement perdu, au moins en partie, leur qualité de ciment. Il resterait à savoir s'ils l'auraient reprise sous l'influence d'une humectation prolongée : je n'ai pas fait d'expériences à cet égard.

Mais, quand j'ai porté à 2 pour 100, au lieu de 1 pour 100, la proportion de matière humique dans des mélanges composés d'ailleurs comme ceux de la série A, les particules reconstituées après dessiccation et broyage se sont très-bien comportées : la craie pure elle-même a donné des résultats satisfaisants. Il résulte de ces derniers essais que la propriété des humates n'est détruite que partiellement par le broyage des terres sèches, et qu'il en reste assez, quand la proportion est de 2 pour 100, pour cimenter les particules.

Les terres de la série B, qui contenaient de 4 à 5 pour 100 d'argile, ont toutes résisté après le broyage aussi bien qu'avant. Il est possible que l'argile ait masqué la perte de cohésion produite par le broyage des humates;

mais je croirais plutôt que les deux ciments ont formé une combinaison dont je parlerai un peu plus loin. Quoi qu'il en soit, on voit que des mélanges de sable et de craie, reliés par un ciment composé de $\frac{1}{100}$ d'humate et de quelques centièmes d'argile, peuvent être réduits en poudre sèche, sans perdre la faculté de contracter, par l'humectation, un degré de cohésion suffisant pour les besoins de la terre végétale. C'est, du reste, ce qu'on peut vérifier sans peine en opérant sur des terres naturelles, pourvu qu'elles ne soient pas absolument sableuses, ni trop dépourvues de terreau.

Les agriculteurs ne se bornent pas à dire que le terreau donne du corps aux terres trop légères; ils lui reconnaissent une propriété contraire dans les terres fortes, en prétendant qu'il les ameublit. On va voir, en effet, que l'argile est singulièrement modifiée dans ses propriétés par son mélange avec les humates. J'ai pétri avec de l'eau de l'argile pure ou additionnée d'humates dans des proportions convenables pour obtenir des mélanges contenant 2, 4, 6 pour 100 de matière organique. Les quatre pâtes ont beaucoup durci en séchant : sous le rapport de la dureté, elles m'ont paru assez semblables; mais des différences très-sensibles se manifestent quand on les met en contact avec l'eau. L'argile pure et sèche se résout en un mélange de poudre et de petits fragments; le tout se ressoude quand on laisse sécher sans remuer. Les argiles qui contiennent des humates se résolvent aussi dans l'eau; mais, séchées comme la première, elles reprennent d'autant moins de cohésion que la proportion d'humate est plus élevée. On peut varier ce genre d'expériences : par exemple, réduire les argiles en poudre, les étaler en couches minces de même épaisseur, imbiber d'eau et laisser sécher; on constate que les petites masses formées par les argiles à 6 et à 4 pour 100 d'humate s'écrasent aisément sous la pression des doigts, que l'argile à 2 pour 100 est plus résistante,

que l'argile pure l'est encore plus. Au lieu de sécher les argiles, on peut les découper encore humides en lames minces que l'on hache en petits fragments; on répète sur ceux-ci l'expérience précédente faite avec la poudre sèche : les résultats sont les mêmes. A voir les effets des humates, on dirait que ces colloïdes emprisonnent l'argile comme en un réseau, et lui enlèvent la propriété de se distendre sous l'action de l'eau, et de se souder sur elle-même en séchant.

Je suis très-porté à penser que l'argile et les humates contractent une de ces combinaisons non définies que M. Chevreul a signalées depuis bien des années en les attribuant à l'affinité capillaire. Graham a montré plus récemment que les colloïdes ont une certaine tendance à en former de semblables. En effet, quand on extrait l'humate d'une terre végétale par le procédé que j'ai décrit, on constate que l'argile en entraîne en se coagulant une quantité très-notable, qu'on peut retrouver, en partie, en remettant l'argile en suspension dans de l'eau ammoniacale, et en la coagulant une seconde fois. D'un autre côté, quand on essaye de coaguler l'argile suspendue dans une dissolution alcaline d'humate, on observe qu'il faut employer des doses du sel coagulateur d'autant plus élevées que l'humate est en quantité plus grande; par exemple, l'argile pure étant coagulée par $\frac{1}{1000}$ à $\frac{3}{1000}$ de chlorure de potassium, il en faut $\frac{11}{1000}$, $\frac{15}{1000}$, $\frac{20}{1000}$ quand il y a de 100 à 200 milligrammes d'acide humique dans 1 litre d'eau. Ainsi l'argile entraîne l'humate, et l'humate dissous retient l'argile, ce qui semble dénoter entre les deux substances une tendance à la combinaison. Quoi qu'il en soit, les modifications que l'argile subit par son mélange avec les humates rendent compte des observations des praticiens : le terreau ameublit les terres fortes en accumulant dans l'argile des matières colloïdales qui diminuent sa qualité de ciment : le ciment minéral est, en quelque sorte, cimenté par le ciment organique.

On me demandera, sans doute, si la terre végétale contient, en général, une quantité d'humate suffisante pour produire les effets que j'attribue à ces colloïdes. C'est une question que je devais me poser et chercher à résoudre en déterminant la proportion d'acides bruns contenue dans diverses terres.

J'ai analysé quatre terres très-différentes :

La première est un limon de la Seine; c'est le terrain, situé dans la commune de Boulogne, entre les ponts de Sèvres et de Saint-Cloud, où j'ai établi, depuis quatorze ans, la culture continue du tabac.

La deuxième est une pièce de terre dite les Clos, dans la commune de Neauphle-le-Château (Seine-et-Oise); elle est assez légère, fertile, presque dénuée de calcaire.

La troisième, assez peu fertile, située à Saussemesnil, près de Valognes, semble argileuse au premier coup d'œil, tant elle renferme de sable très-fin ; elle est chaulée périodiquement depuis cinquante ans.

La quatrième est exotique : c'est la terre de la Leña, à Cuba, qui produit des tabacs de première qualité. Elle est très-sableuse, mais riche en terreau.

Voici, au surplus, la composition de ces quatre terres [1], abstraction faite des graviers qui s'y trouvent en petite quantité :

		Boulogne.	Lesclos.	Saussemesnil.	Leña.
Gros sable	non calcaire..	26,4	50,1	10,1	60
	calcaire	21,6	»	»	»
Sable fin	non calcaire..	21,9	35,3	73,1	26,0
	calcaire	19,5	0,3	2,0	»
Argile mêlée d'humates...		10	13,9	11,9	8,4
Grains de terreau dans les sables gros et fin.		indét.	indét.	1,8	3
		100,4	99,6	98,9	97,4

[1] Ces analyses ont été faites d'après un procédé que j'emploie depuis

Malgré tous les soins de l'opérateur, l'extraction des acides humiques ne peut être complète : une partie demeure dans la terre; une autre, peu importante, est retenue dans la liqueur d'où l'on précipite l'humate. Pour échapper le plus possible à cette dernière cause de perte, j'ai employé comme précipitant l'acétate de plomb; mais, auparavant, j'ai détruit le carbonate alcalin formé au contact de l'air dans la dissolution d'humate, par l'acide acétique ajouté en faible excès, et j'ai fait bouillir : sans cette précaution l'humate précipité eût été souillé de carbonate de plomb. J'ai obtenu les nombres suivants :

	Boulogne.	Lesclos.	Saussemesnil.	Leôs.
Matière organique contenue dans le précipité desséché, pour 100 de terre sèche.	1,3	1,1	1,6	1,7

Ces proportions, qui sont des minima, sont égales ou supérieures à celles des humates dans mes terres artificielles; ainsi je n'ai point exagéré mes doses : je me suis même tenu sensiblement au-dessous de la dose moyenne des quatre terres analysées.

Il restait encore à examiner une seconde question relative à la répartition des humates dans les sols argileux. Si cette répartition était égale entre les divers éléments d'une terre, l'argile aurait vraisemblablement une part trop faible pour être réellement modifiée dans sa manière d'agir comme ciment. Pour confirmer la valeur pratique de mes expériences, il fallait montrer que le partage est inégal, et que l'argile prend la grosse part.

M. Masure a étudié, avant moi, la répartition de la matière organique entre le sable et l'argile. Il a montré d'a-

---

quelques années, et dont la description fera l'objet d'un prochain Mémoire. Il dose l'argile beaucoup plus bas que les procédés en usage, parce que ceux-ci ne séparent pas l'argile réelle du sable très-fin.

bord que cette matière enduit tous les débris qui composent une terre végétale ; en effet, les divers matériaux que la lévigation classe par ordre de grosseur noircissent tous, en vase clos, sous l'action de la chaleur. Puis, déterminant la matière organique dans les sables et dans les argiles, M. Masure est arrivé à conclure que celles-ci doivent contenir en général deux fois plus de matière que ceux-là ; mais il a eu soin de faire observer, avec raison, que le mode d'analyse employé, consistant à déterminer la matière organique par la perte de poids due à un simple grillage, ne permet pas de compter sur la précision des résultats.

J'ai repris ce genre de recherches, en y introduisant deux perfectionnements : j'ai pratiqué la lévigation exclusivement avec de l'eau distillée, c'est la condition indispensable pour que l'argile demeure en suspension et puisse être dépouillée du sable fin par un repos suffisant ; ensuite, pour déterminer la matière organique, j'ai eu recours au seul procédé exact, qui consiste à en doser le carbone et l'azote, par l'analyse élémentaire.

La lévigation a été faite en grand, dans des vases de 30 litres, sur 2 kilogrammes de la terre de Neauphle-le-Château, la plus pauvre des quatre terres précédentes en principes humiques ; j'ai obtenu cinq lots successifs :

Le premier était le gros sable, celui qui se précipite en quelques secondes.

Le second était l'ensemble des sables fins déposés, pendant vingt-quatre heures, par l'eau qui tenait l'argile en suspension.

A la surface de ce sable, il y avait une couche de matières brunes, qui se sont roulées après la dessiccation en écailles presque noires, concaves, nettement séparées du sable sur lequel elles reposaient ; mais elles en étaient enduites en dessous ; je les ai mises à part et en ai formé le troisième lot.

La liqueur argileuse décantée et abandonnée au repos a encore donné un dépôt dont j'ai fait un quatrième lot.

Le cinquième et dernier a été fourni par l'argile coagulée, filtrée et lavée.

Ces cinq lots ont été desséchés à 150 degrés, pesés et analysés.

Voici d'abord leurs poids relatifs, pour 100 de terre sèche :

1er lot,	gros sable....................	15,66	pour 100.
2e	» sable fin....................	60,59	»
3e	écailles....................	8,98	
4e	2e dépôt de la liqueur argileuse...	5,57	»
5e	» argile....................	9,18	»
		99,98	pour 100.

Le tableau suivant donne les résultats des analyses.

Dans les deux premières colonnes, l'azote et le carbone sont rapportés à 100 parties du lot correspondant; les troisième et quatrième colonnes donnent l'azote et le carbone calculés pour des lots qui proviendraient de 1 kilogramme de terre sèche; enfin la cinquième indique les poids de matière organique correspondant au carbone de la quatrième colonne, et calculés simplement en supposant que cette matière renferme 50 pour 100 de carbone. Toutes ces analyses ont été exécutées par M. Boutmy, ingénieur distingué des manufactures de l'État, attaché à mon laboratoire de 1868 à 1870. Je le remercie, bien tardivement, de son active et intelligente collaboration.

	Pour 100 parties du lot.		Pour 1 kilogramme de terre sèche.		
	Azote.	Carbone.	Azote.	Carbone.	Matière organ.
			mg	gr	gr
1er lot, gros sable	0,024	0,160	37,6	0,250	0,500
2e » sable fin	0,054	Perdu	327	»	»
3e » dépôt sur le sable fin ..	0,402	4,062	361	3,650	7,300
4e » 2e dépôt de l'argile ...	0,471	3,682	362	2,050	4,100
5e » argile	0,462	3,479	424	3,160	6,300

Ce qui frappe surtout dans ce tableau, c'est la différence considérable entre les proportions de la matière organique dans le sable et dans l'argile ; nous sommes loin du rapport 1 : 2 de M. Masure. L'argile contient 6,9 pour 100 de matière organique ; c'est assez pour qu'elle soit réellement modifiée dans sa manière d'agir comme ciment.

Mais il y a eu, dans la préparation des lots, une cause d'erreur que je veux signaler. Il est probable, je dirai même certain, que la lévigation déplace les matières organiques d'un lot pour les mettre dans un autre.

Comme preuve, je citerai la lévigation de mes terres artificielles, composées d'humates et de sable. Le sable se dépose presque pur, tandis que l'humate, séparé par le frottement, forme à sa surface une couche d'un brun foncé. Des séparations de ce genre doivent se produire dans la lévigation d'une terre arable ; nous en voyons même un effet dans la formation du troisième lot. La matière organique, qu'il renferme en abondance, a été enlevée au sable ; plus légère, elle est venue se déposer après lui à sa surface. La matière minérale de ce troisième lot est un mélange de sable extrêmement fin et d'argile ; en effet, sa composition élémentaire est intermédiaire entre celles de ces deux substances, comme le montrent les analyses suivantes, exécutées par M. Boutmy :

	Sable fin.	3e lot.	Argile.
Silice	91,18	82,95	56,22
Alumine	5,88	9,36	21,70
Chaux	0,10	»	2,25
Magnésie	0,27	0,40	1,72
Potasse	1,00	2,10	3,36
Soude	0,62	0,70	0,29
Peroxyde de fer	0,94	3,62	11,72
	99,99	99,13	97,26

Ainsi, par son mode de formation, sa richesse en ma-

tière organique et sa composition minérale, le troisième lot nous prouve que la lévigation a changé la répartition de la matière organique ; mais il nous montre en même temps que la partie de cette matière qui a abandonné les minéraux qu'elle accompagnait dans le sol ne reste pas en suspension dans l'eau, comme l'argile, mais au contraire se dépose après un certain temps : il est donc naturel d'admettre qu'elle n'est pas demeurée dans l'argile, et que celle-ci a retenu seulement la portion de matière organique qui lui appartenait avant la lévigation. En définitive, je pense que le cinquième lot, l'argile, n'a pas été enrichi ; mais que le premier et le deuxième ont été appauvris, et que la matière organique du troisième lot, peut-être une partie de celle du quatrième, doit leur être restituée.

J'ai insisté sur les effets physiques produits dans les sols par les dissolutions salines et les combinaisons humiques qu'ils contiennent. J'ai montré que ces dissolutions et ces combinaisons concourent au maintien de l'ameublissement, les premières en coagulant l'argile, les secondes en cimentant les particules du sol. Les expériences que j'ai décrites rendent compte de deux propriétés, en apparence opposées, du terreau, celle de donner du corps aux terres légères, et celle d'ameublir les terres fortes.

Il est bien clair que les effets attribués aux sels et au terreau n'ont pas une persistance indéfinie, puisqu'il faut toujours en revenir au labour pour entretenir l'ameublissement. Ce sont des effets temporaires, mais néanmoins efficaces, parce que, sans eux, la première pluie abondante qui détremperait le sol mettrait à néant tout le travail du laboureur.

Parmi les sels, celui qui joue le rôle physique le plus important est le bicarbonate de chaux. Il faut donc main-

tenant ajouter aux avantages reconnus du marnage et du chaulage celui de produire la dissolution de bicarbonate calcaire indispensable pour coaguler l'argile. Envisagée comme aliment minéral des plantes, la chaux pourrait être fournie au sol, comme la potasse, les nitrates, les phosphates, à raison de quelques quintaux par hectare; mais il faut vraisemblablement la compter par tonnes, quand elle doit fonctionner comme source de bicarbonate.

Les humates du terreau sont un ciment nécessaire, principalement dans les sols qui ne sont pas positivement argileux; d'où résulte qu'il faut entretenir leur provision, sans cesse attaquée par la combustion lente, au moyen des engrais d'origine végétale, dont le plus important est le fumier. Exclusivement employés, les engrais minéraux peuvent bien tromper le cultivateur par de belles récoltes, pendant quelques années; celui-ci reconnaît son erreur quand sa terre effritée, manquant de terreau, a perdu la qualité essentielle de rester meuble sous la pluie. Ainsi les effets physiques du terreau, reconnus de tout temps, mais non précisés, se joignent à ses propriétés chimiques, si essentielles au développement des plantes, pour en faire un élément indispensable de la terre végétale.

OBSERVATIONS CRITIQUES

SUR

L'EMPLOI DE LA TEINTURE OU DE LA POUDRE DE GAIAC

POUR APPRÉCIER LA PURETÉ DU KIRSCHENWASSER.

Depuis quelques années on recommande, pour reconnaître la pureté du kirschenwasser, une réaction déterminée par le gaïac, consistant en ce que la teinture ou la poudre de cette résine colore instantanément en bleu l'eau-de-vie de cerises non falsifiée; le kirsch artificiel, l'alcool aromatisé avec de l'eau de laurier-cerise ne sont pas colorés par le gaïac.

Je n'ai jamais partagé l'engouement des distillateurs pour le nouveau réactif, parce que j'avais vu que, s'il était vrai que du kirsch préparé au Liebfrauenberg, par conséquent parfaitement authentique, fût coloré en bleu par la teinture de gaïac, il arrivait aussi que le même kirsch, venant des merises distillées dans le même alambic, ne se colorait pas. Il y a plus, j'ai obtenu de l'eau-de-vie de prunes (*zwetschenwasser*) qui prenait une couleur d'un bleu intense par le gaïac; et, au moment où j'écris ces lignes, on retire de l'alambic de l'eau-de-vie de mirabelles qui ne bleuit pas immédiatement par la teinture de gaïac, mais seulement au bout de quelques minutes. Ainsi, en s'en rapportant à la réaction recommandée, le kirsch le plus pur pourrait être considéré comme étant falsifié, et l'eau-de-vie de prunes présenter le caractère du kirschenwasser d'excellente qualité, bien qu'elle n'en possède ni l'odeur suave, ni le goût, ni, à beaucoup près, la valeur

commerciale. Les anomalies que j'ai constatées dans les effets du gaïac, tantôt colorant, tantôt ne colorant pas du kirsch d'une même provenance, la teinte bleue que cette résine fait naître graduellement dans des eaux-de-vie de prunes trouvent leur explication dans une très-intéressante observation, due à M. Bouis, et de laquelle il résulte que la coloration du kirsch par le gaïac provient de traces de cuivre apportées par les alambics; il ressort d'ailleurs de ses expériences que, en présence de l'acide prussique, la teinture de gaïac serait le meilleur réactif de ce métal. Or le kirsch renferme toujours de l'acide prussique; dans un travail sur la fermentation des fruits à noyaux, M. Joseph Boussingault en a dosé $0^{gr},10$ dans 1 litre du kirschenwasser du Liebfrauenberg; il s'y trouve, en outre, indépendamment de l'huile essentielle d'amandes amères, un peu d'acide acétique dont il est facile d'indiquer l'origine.

Un brûleur, en Alsace, considère la fermentation d'un moût de fruits comme terminée lorsque la surface est recouverte, voilée par une mince pellicule blanche, mélange de *mycoderma vini* et de *mycoderma aceti*. A l'apparition de cet indice, il est urgent de distiller pour prévenir la destruction de l'alcool. Toutefois le *mycoderma aceti* a fonctionné assez pour qu'il y ait eu production d'acide acétique, dont une partie passe avec l'eau-de-vie, et, par suite, formation d'acétate cuivrique, pour peu qu'il se trouve de l'oxyde de cuivre soit dans le chapiteau, soit dans le serpentin de l'appareil distillatoire. Dans ces conditions, le kirsch devra contenir de l'acétate, peut-être du cyanure de cuivre, de l'acide prussique; l'eau-de-vie de prunes, seulement de l'acétate, et c'est probablement parce qu'elle ne renferme pas d'acide prussique qu'elle n'est pas colorée immédiatement par le gaïac, mais lentement, progressivement.

Je rapporterai quelques essais entrepris pour rechercher

si c'est uniquement à l'acide prussique qu'il faut attribuer la coloration instantanée en bleu, par le gaïac, de l'alcool tenant un sel de cuivre.

On a mis dans de l'alcool à 55 degrés 0,0002 d'acétate de cuivre; ensuite on a constaté quel était le mode de coloration par la teinture de gaïac, d'abord dans la solution alcoolique telle qu'on venait de la préparer, puis après y avoir ajouté certaines substances.

I. La solution alcoolique, sans aucune addition, est restée incolore pendant une à deux minutes; alors elle a pris une teinte bleue; c'est exactement ce qui a lieu avec l'eau-de-vie de prunes contenant du cuivre.

II. L'huile essentielle d'amandes amères, l'essence de menthe, l'essence de citron n'ont pas activé l'action de la teinture de gaïac; la solution alcoolique est restée incolore après l'addition des essences; elle ne s'est colorée en bleu que graduellement.

III. L'essence de térébenthine ajoutée à la solution alcoolique a sensiblement accéléré l'action de la teinture de gaïac; en moins d'une minute le liquide a été coloré.

IV. L'essence de bergamote a communiqué à la solution alcoolique la propriété de bleuir instantanément par le gaïac, comme le kirsch tenant du cuivre.

V. En versant dans la solution alcoolique quelques gouttes d'acide prussique, la coloration a été immédiate.

VI. On a préparé un kirsch artificiel, en aromatisant de l'alcool à 55 degrés avec de l'eau de laurier-cerise, et l'on y a mis 0,0002 d'acétate de cuivre. La coloration en bleu par le gaïac a été instantanée ([1]).

Ce résultat était prévu, puisque dans l'eau de laurier-cerise il entre de l'essence d'amandes amères et de l'acide

---

([1]) La coloration en bleu de l'alcool contenant du cuivre, par le gaïac, a lieu également à l'abri de l'atmosphère.

prussique, comme dans le kirsch, ce qui ne veut pas dire que le kirsch ne renferme pas d'autres substances; mais ce résultat montre combien il est inexact, et je puis dire dangereux, de prétendre que la réaction du gaïac permet de distinguer le kirsch naturel de celui qu'on prépare avec de l'eau de laurier-cerise, puisqu'il suffirait de dissoudre dans ce dernier un peu d'acétate de cuivre pour qu'on l'acceptât comme du kirsch provenant de la distillation des merises.

Bien qu'il soit rigoureusement établi, par les expériences de M. Bouis, que la coloration en bleu du kirsch, par la poudre ou la teinture de gaïac, est due à la présence du cuivre, le commerce n'en persiste pas moins à repousser comme étant de qualité inférieure, comme falsifié, le kirschenwasser qui ne se colore pas, tandis qu'il accepte celui dans lequel il y a du cuivre introduit, par suite de l'incurie de distillateurs assez négligents pour ne pas tenir leurs alambics dans un état convenable de propreté. Ce fait est très-préjudiciable à l'industrie loyalement exercée. J'en ai la preuve dans une lettre que m'adresse un négociant de Luxeuil (Haute-Saône); j'en donnerai ici un extrait :

« Je suis distillateur de kirsch. Mes alambics sont chauffés au bain-marie : on charge dans chaque appareil 5 hectolitres de cerises fermentées; j'obtiens, comme rendement, la quantité d'alcool désirable, mais mon produit ne prend pas la teinte bleue au contact de la poudre de gaïac. Or c'est à cette épreuve que les marchands soumettent le kirsch que je leur présente, et, parce qu'il ne bleuit pas, ils prétendent qu'il est impur. Cependant il est exempt de tout mélange; mais l'idée que le kirsch doit bleuir par le gaïac est aujourd'hui acceptée comme un article de foi. Le kirsch distillé dans les campagnes, où l'on fait usage de petits alambics chauffés à feu nu, bleuit au contact du gaïac. D'où vient cette différence? »

La réponse à cette question est dans ce que j'ai exposé

précédemment, et sans examiner si, comme l'assurent des personnes compétentes, le kirsch, l'eau-de-vie de vin sortant des appareils perfectionnés en vue d'un plus fort rendement en alcool ou de l'économie du combustible n'ont pas toute la qualité, tout le parfum qu'on rencontre dans les mêmes produits obtenus avec les alambics primitifs chauffés à feu nu, toujours est-il qu'il ne s'y trouve pas de cuivre, ce qui arriverait du reste avec l'ancien système, si l'on prenait la précaution d'étamer les chapiteaux et les serpentins.

J'ai cherché quelle pouvait être la proportion de cuivre contenue dans du très-bon kirsch distillé par un brûleur alsacien; de 1 litre on a retiré $0^{gr},10$ de métal, équivalant à $0^{gr},313$ d'acétate neutre $C^4H^3CuO^4 + HO$. Je rappellerai que, dans 1 litre du même kirsch, on avait dosé $0^{gr},1$ d'acide prussique. Il est curieux de rencontrer dans une liqueur fort appréciée deux substances toxiques à un haut degré, du cuivre et de l'acide cyanhydrique (prussique). L'usage du kirsch n'occasionne cependant aucun inconvénient, et l'on peut dire que « les gens qu'il empoisonne se portent assez bien »; son innocuité dépend certainement de la faible dose à laquelle on le prend.

La capacité d'un verre à liqueur ne dépasse pas 20 centimètres cubes. Pour ce volume, le kirsch examiné (je ne réponds que de celui-là) renfermait :

	gr
Acide prussique...............	0,0020
Cuivre exprimé en acétate neutre.	0,0063 = cuivre $0^{gr},0020$

Le paysan alsacien boit le kirsch à plus forte dose; le verre dans lequel on l'offre ordinairement jauge près de 60 centimètres cubes : c'est la ration que l'on accorde à des voituriers obligés de sortir de grand matin. Cette ration contiendrait :

	gr
Acide prussique...............	0,006
Cuivre exprimé en acétate neutre.	0,0189 = cuivre $0^{gr},0060$

Il peut paraître singulier qu'une boisson alcoolique tenant en dissolution 2 à 3 dix-millièmes d'un sel de cuivre ne soit pas douée d'une saveur métallique perceptible : il en est cependant ainsi, et c'est précisément parce que c'est une boisson très-alcoolique, ainsi que je m'en suis convaincu par l'expérience que voici :

I. On a dissous $0^{gr},25$ d'acétate de cuivre dans 1 litre d'eau. La solution avait une saveur métallique assez prononcée pour être fort désagréable, et persister après qu'on l'eut rejetée. L'ammoniaque a déterminé dans la solution une nuance bleue très-visible.

II. On a dissous $0^{gr},25$ d'acétate de cuivre dans 1 litre d'alcool à 55 degrés. La solution ne possédait pas plus la saveur métallique que le kirsch renfermant la même dose de cuivre. Même après avoir gardé le liquide dans la bouche pendant quelque temps, on n'éprouva pas la sensation qu'occasionnait l'acétate dissous dans l'eau. L'ammoniaque ne fit pas apparaître, dans la solution alcoolique, la nuance bleue qu'elle avait produite dans la solution aqueuse.

Sans doute, 2 à 3 dix-millièmes d'un sel de cuivre dans un kirsch ne lui communiquent peut-être pas la propriété vénéneuse, si l'on a égard à la faible dose à laquelle on le consomme ; mais, comme le métal est introduit par accident, il peut arriver que, dans certains cas, la proportion soit plus forte que celle que j'ai trouvée ; par conséquent il serait prudent d'interdire la vente d'une eau-de-vie renfermant du cuivre, car, en en tolérant la présence, il faudrait nécessairement fixer la limite de la tolérance : autrement on pourrait, dans une intention criminelle, en augmenter la quantité jusqu'à donner au liquide spiritueux des propriétés toxiques prononcées, et cela sans qu'on s'en aperçût, à cause de la faculté qu'a l'alcool de masquer la saveur métallique.

C'est d'ailleurs un principe, en administration, de ne pas permettre l'intervention de substances vénéneuses, ne

fût-ce qu'en infime proportion, dans les aliments, dans les boissons. La Préfecture de police fait saisir par ses agents les fruits confits dans le vinaigre, les légumes verts conservés, auxquels on a ajouté un sel de cuivre pour en rehausser la couleur; elle défend la vente, non-seulement des sucreries, mais aussi des papiers dans lesquels on les enveloppe, lorsque dans la coloration de ces matières il entre du cuivre, du plomb, de l'arsenic.

Rien de plus simple que de découvrir le cuivre dans une liqueur alcoolique; il suffit d'y verser quelques gouttes de teinture de gaïac : s'il apparaît une couleur bleue, on aura la certitude de la présence d'un sel de cuivre dans le kirsch, ainsi que M. Bouis l'a démontré; j'ajouterai, comme venant à l'appui de cette conclusion, que j'ai constaté que tout kirsch qui est coloré en bleu par le gaïac donne, avec le ferrocyanure de potassium, un précipité rouge brun de ferrocyanure de cuivre.

ANALYSES COMPARÉES

DU

BISCUIT DE GLUTEN

ET DE

QUELQUES ALIMENTS FÉCULENTS.

Ayant été consulté sur la nature d'un biscuit de gluten préparé en vue de procurer aux personnes atteintes de glycosurie un aliment pouvant remplacer le pain, en contenant beaucoup moins d'amidon, j'ai analysé divers produits désignés sous les noms de *gluten en biscuits ronds, en biscuits fendus, gluten en macaroni, en grains d'orge.* Pour avoir des termes de comparaison, les analyses ont été étendues aux aliments féculents les plus usités : le pain, l'échaudé, la brioche, le vermicelle, le riz, le sagou, les haricots, les lentilles, les pois, les pommes de terre.

J'ai réuni dans le Tableau I les résultats de ce travail, qui, je l'espère, sera de quelque utilité aux praticiens.

De ces aliments, c'est dans le biscuit rond de gluten, recommandé par M. Bouchardat, qu'il entre le moins d'amidon, en exceptant toutefois la pomme de terre qui, à cause d'une forte proportion d'eau, ne renferme pas au delà de 0,23 de fécule. Viennent ensuite, comme plus amylacés, la pâtisserie, le pain, les graines de légumineuses, les pâtes du gluten, le riz, le sagou, le vermicelle.

Afin de pouvoir constituer une ration ne contenant pas plus d'amidon qu'il ne s'en trouve dans 100 grammes de biscuit de gluten, c'est-à-dire $40^{gr},2$, j'ai pris ce biscuit pour le type d'une série d'équivalents, qui sont donnés dans le Tableau II.

TABLEAU I.

	Viande végétale : gluten, albumine, légumine et analogues.	Amidon, dextrine et analogues.	Matières grasses.	Phosphates et autres sels.	Eau.	Azote dosé dans 100 (4).
Biscuit de gluten rond	44,9	40,2	3,6	2,2	9,1	7,18
Biscuit de gluten fendu	22,9	61,9	3,1	1,4	10,7	3,67
Gluten-macaronì	21,3	64,7	1,0	0,8	12,2	3,41
Pâte de gluten, grains d'orge	18,9	66,6	1,3	0,7	12,5	3,03
Échaudé	15,8	54,1	15,1	1,4	13,6	2,53
Brioche	10,9	41,3	27,4	2,5	17,9	1,74
Vermicelle ordinaire	9,5	76,4	0,3	1,3	12,5	1,52
Sagou	9,1	74,7	0,6	2,6	13,0	1,46
Pain des boulangers de Paris	7,0	55,3	0,2	1,0	36,5	1,12
Riz	7,5	76,0	0,5	0,5	14,6	1,20
Haricots blancs	26,9	48,8	3,0	3,5	15,0 (1)	4,30
Lentilles	25,0	55,7	2,5	2,2	12,5 (2)	4,00
Pois	23,8	55,7	1,6	2,8	13,5 (3)	3,81
Pomme de terre	2,8	23,2	0,2	0,8	73,0	0,45

(1) Plus 2,8 de pellicules.

(2) Plus 2,1 de pellicules.

(3) Plus 2,6 de pellicules.

(4) La viande végétale a été déterminée d'après l'azote trouvé dans l'aliment, en admettant 0,16 d'azote dans le gluten et ses analogues.

TABLEAU II.

	Équivalent en poids.	Amidon et analogues.	Gluten, albumine, légumine et analogues.	Matières grasses.	Phosphates et sels.	Eau.
Biscuit rond de gluten......	100,0	40,2	44,9	3,6	2,2	9,1
Brioche..................	97,3	40,2	10,6	26,7	2,4	17,4
Echaudé.............. .	74,3	40,2	11,7	11,2	1,1	10,1
Pain de boulanger.........	72,7	40,2	5,7	0,1	0,7	26,6
Biscuit fendu de gluten.... .	64,9	40,2	14,9	2,0	0,9	6,9
Macaroni de gluten.........	62,1	40,2	13,2	0,6	0,5	7,6
Gluten en grains d'orge.....	60,4	40,2	11,4	0,8	0,4	7,6
Vermicelle ordinaire........	52,6	40,2	5,0	0,1	0,7	6,6
Sagou..................	53,8	40,2	4,9	0,3	1,4	7,0
Riz....................	52,3	40,2	3,9	0,3	0,3	7,6
Haricots................	82,4	40,2	22,2	2,5	2,9	12,3 (1)
Lentilles..........	72,2	40,2	18,1	1,8	1,6	9,0 (2)
Pois...............	72,2	40,2	17,2	1,2	2,0	9,7 (3)
Pomme de terre...........	173,3	40,2	4,9	0,3	1,4	126,5

(1) Plus 2,3 de pellicules.
(2) Plus 1,5 de pellicules.
(3) Plus 1,9 de pellicules.

On voit, en consultant le Tableau II, que 73 grammes de pain des boulangers de Paris n'introduiraient pas plus d'amidon dans une ration que 100 grammes de biscuit rond de gluten, sans être, comme le gluten, léger, friable, sec, difficile à manger. Il est vrai que, dans l'équivalent de biscuit, il y a près de dix fois autant de gluten, de *viande végétale,* que dans l'équivalent de pain. Sans affirmer que le gluten de froment puisse être complétement assimilé à la chair des animaux, toujours est-il que ses propriétés nutritives sont incontestables : aussi 100 grammes de biscuit de gluten sont-ils plus nourrissants que les 70 grammes de pain, par la raison qu'il s'y trouve, avec le même poids d'amidon, plus d'aliment azoté, plus de graisse. Mais, en formulant une ration alimentaire destinée à un glycosurique, la difficulté n'est pas dans l'introduction de l'élément azoté, de la viande : elle est dans la restriction de l'élément féculent, dont une fraction plus ou moins forte, selon l'intensité de la maladie, est transformée en glucose.

La diminution des féculents dans une ration alimentaire a d'ailleurs une limite qu'on ne dépasserait pas impunément, et s'il est possible de restreindre considérablement la fécule, le sucre dans le régime, c'est à la condition de les remplacer par des matières grasses.

Les observations d'un médecin portugais, Rollo, confirmées et étendues par M. Bouchardat, établissent, en effet, que la graisse concourt efficacement à la nourriture des diabétiques. Rollo a obtenu d'excellents résultats en mettant des malades à un régime animal comprenant une forte proportion de lard, sans doute parce que la graisse est à la fois un aliment plastique et un aliment combustible ou respiratoire.

L'utilité des matières grasses comme succédanés des féculents étant admise, il est évident que certaines pâtisseries doivent être préférables au biscuit de gluten : ainsi, dans l'équivalent de l'échaudé pesant 74 grammes, il y a,

avec les 40gr,2 d'amidon, 12 grammes de graisse; dans l'équivalent de la brioche, pesant 73 grammes, 40gr,2 d'amidon sont accompagnés de 27 grammes de beurre. Les équivalents de l'échaudé et de la brioche sont donc beaucoup plus riches en aliment combustible que l'équivalent du biscuit de gluten ne renfermant pas même 4 grammes de substances grasses.

D'après sa constitution, le poids et par conséquent le volume de son équivalent, la pomme de terre serait probablement le meilleur succédané du pain dans le régime des glycosuriques; d'abord elle n'a pas de saveur propre, ce qui est dans le cas particulier une qualité essentielle; ensuite 200 grammes de ce tubercule cuit à l'eau ou rôti sous la cendre n'apporteraient pas sensiblement plus de fécule que 73 grammes de pain de boulanger, et il est vraisemblable que les malades le préféreraient à 100 grammes de biscuit-gluten : je rappellerai que, dans plusieurs contrées, la pomme de terre remplace, pour une grande partie, le pain dans l'alimentation normale.

Il est certain que la teneur en sucre de l'urine d'un diabétique diminue à mesure que les matières amylacées, que les matières sucrées sont moins abondantes dans le régime; en les excluant complétement, il arrive même que l'urine ne renferme plus de glucose; mais généralement le principe sucré reparaît lorsque le malade reçoit une nourriture féculente ou sucrée. La cause qui change l'amidon, les sucres en glucose n'est donc pas toujours détruite; on peut même affirmer qu'elle l'est rarement par l'abstention des féculents; si elle cesse d'agir, c'est qu'il n'y a plus de matière à saccharifier.

Bien que je me sois proposé uniquement de traiter de la composition des aliments, je rapporterai cependant quelques observations faites pendant le concours que j'ai prêté à un habile médecin; elles avaient pour objet de constater la promptitude avec laquelle la lactose, le sucre, l'amidon

passent dans l'urine après leur transformation en glucose, et quelle était pour une ration, dont on connaissait le poids et la nature, la fraction de ces matières éliminée par la sécrétion urinaire.

Chez une personne affectée de glycosurie on avait remarqué, ce qui au reste se présente assez fréquemment, que l'urine émise à jeun ne renfermait pas de sucre. L'urine fut donc examinée dans cette circonstance, puis ensuite quand le malade avait pris un déjeuner dont le lait, le pain et le beurre formaient la base, et qui consistait en :

					Pouvant donner
	gr		gr		gr
Pain....	35	Amidon	19,35	Glucose	21,5 (¹)
Beurre............	10				
Sucre........	10	Sucre..	10,00	»	10,52
Café, contenant lait..	300	Lactose	15,00	»	15,00
					47,02

Ainsi l'amidon du pain, la lactose du lait, le sucre mis dans le café pouvaient produire 47gr,02 de glucose (²).

I. — 22 *août* 1871 :

	Urine émise.	Par litre, glucose.	Dans l'émission.
	lit	gr	gr
Le 21, à 10h du soir............	0,38	11,4	4,3
Le 22, à jeun.................	0,58	0,0	0,0
A midi, après café pris à 8h du matin	0,10	19,0	1,9
Dans la ration de café au lait, élément de glucose.	»	»	47,0

(¹) *Poids des équivalents.*

Glucose.......... ...	180
Sucre...........	171
Lactose....	180
Amidon..............	162

(²) Le glucose a été dosé par le saccharimètre. L'urine était décolorée par du sous-acétate de plomb solide qu'on se procure en décomposant

En quatre heures, 0,04 des éléments sucrés ou amylacés, compris dans la ration de café au lait, étaient apparus dans l'urine à l'état de glucose.

II. — 23 *août* :	Urine émise.	Par litre, glucose.	Dans l'émission.
	lit	gr	gr
Le 22, à 10h du soir..........	0,26	5,7	1,5
Le 23, à jeun................	0,414	0,0	0,0
A 11h, après café pris à 8h du matin	0,130	2,8	3,7

En trois heures, 0,08 des principes sucrés ou amylacés de la ration avaient passé dans l'urine à l'état de glucose.

III. — 24 *août* :	Urine émise.	Par litre, glucose.	Dans l'émission.
	lit	gr	gr
Le 23, à 10h du soir.........	0,270	11,4	3,0
Le 24, à 4h du matin.........	0,300	1,9	0,6
A 8h du matin, à jeun........	0,100	0,0	0,0
A 10h30m, après café pris à 8h30m.	0,183	17,1	3,1

En deux heures, 0,066 des éléments transformables de la ration de café au lait avaient passé dans l'urine à l'état de glucose.

IV. — 31 *août* :	Urine émise.	Par litre, glucose.	Dans l'émission.
	lit	gr	gr
Le 30, à 10h du soir..........	0,300	19,0	5,7
Le 31, à 4h du matin.........	0,245	13,0	1,4
A 7h du matin, à jeun..........	0,175	1,9	0,3
A 9h du matin, à jeun..........	0,100	0,0	0,0

On remplaça le café au lait par des œufs à la coque;

par une chaleur convenable, l'acétate. Un fragment de sous-acétate est jeté dans l'urine; on agite et l'on filtre. On est dispensé, en employant ce moyen, de faire la correction à laquelle il faut avoir recours lorsqu'on fait usage d'une dissolution du sel plombique. Cette décoloration par le sous-acétate sec, je l'applique depuis longtemps aux jus sucrés des végétaux.

pain, 35 grammes; beurre, 10 grammes. A midi, trois heures après le déjeuner :

Urine émise $0^{lit},135$; par litre, glucose $0^{gr},0$, dans l'émission $0^{gr},0$;

dans la ration, il entrait :

Pain, 35 grammes = amidon $19^{gr},35$ = glucose $21^{gr},50$.

L'amidon du pain n'avait pas introduit de matière sucrée dans l'émission; ainsi, en l'absence des 15 grammes de lactose et des 10 grammes de sucre que contenait la ration de café au lait, l'urine, recueillie trois heures après le déjeuner, ne renfermait pas de glucose.

Ce résultat a été confirmé dans deux autres expériences faites dans les mêmes conditions. Le glucose reparut dans l'urine après le dîner.

V. — 1er *septembre*. Ration de café au lait pouvant produire 47 grammes de glucose :

	Urine émise. lit	Par litre, glucose. gr	Dans l'émission. gr
Le 1er, à 4h du matin..........	0,255	5,7	1,45
A 8h du matin, à jeun..........	0,400	0,0	0,0
A midi, après café pris à 8h.....	0,200	19,0	3,8

En quatre heures, 0,08 des éléments sucrés ou saccharifiables de la ration de café au lait ont été retrouvés dans l'urine à l'état de glucose.

VI. — 2 *septembre* :

	Urine émise. lit	Par litre, glucose. gr	Dans l'émission. gr
Le 2, à 8h du matin, à jeun....	0,215	0,0	0,0
A 11h du matin, après café pris à 8h.	0,060	22,8	1,4

En trois heures, 0,03 des éléments saccharifiables de la ration ont apparu à l'état de glucose dans l'émission.

VII. — 10 *septembre* :

	Urine émise. lit	Par litre, glucose. gr	Dans l'émission. gr
A 9h du matin, à jeun..........	0,300	0,0	0,0
A 11h, après café pris à 9h......	0,217	20,9	4,5

En deux heures, 0,096 des éléments saccharifiables de la ration ont apparu dans l'urine à l'état de glucose.

VIII. — 17 *septembre :*

	Urine émise.	Par litre, glucose.	Dans l'émission.
	lit	gr	gr
Le 17, à jeun..................	0,106	5,7	0,06
A midi, après café pris à 8h.....	0,145	43,7	6,34
Différence......			6,28

En quatre heures, 0,13 des éléments saccharifiables de la ration ont apparu dans l'urine émise à l'état de glucose.

IX. — 19 *septembre :*

	Urine émise.	Par litre, glucose.	Dans l'émission.
	lit	gr	gr
Le 19, à jeun..................	0,174	1,9	0,3
A midi, après café pris à 9h.....	0,170	28,5	4,8
Différence......			4,5

En trois heures, 0,095 des éléments saccharifiables de la ration ont apparu dans l'émission à l'état de glucose.

X. — 20 *septembre :*

	Urine émise.	Par litre, glucose.	Dans l'émission.
	lit	gr	gr
Le 19, à 10h du soir...........	0,720	15,2	10,94
Le 20, à 8h, à jeun.............	0,184	0,0	0,0
A midi, après café pris à 8h.....	0,170	34,2	5,13

En quatre heures, 0,11 des éléments saccharifiables de la ration ont été trouvés dans l'urine à l'état de glucose.

Ainsi, dans neuf observations, $\frac{8}{100}$, en moyenne, des principes saccharifiables compris dans la ration de café au lait ont été dosés dans l'urine émise à l'état de glucose, qu'on doit surtout attribuer au sucre et à la lactose, puisqu'en remplaçant le sucre et le lait par des œufs, tout en conservant dans la ration les 35 grammes de pain, contenant 19gr,75 d'amidon, il n'y a plus eu apparition de glucose dans la sécrétion urinaire survenue après le déjeuner.

A partir du diner, la proportion de glucose augmente dans l'urine. Il était intéressant de rechercher quel était, sous l'influence d'une nourriture plus abondante, plus variée que celle du premier repas de la journée, le rapport existant entre le poids des principes sucrés ou saccharifiables consommés et celui du glucose excrété.

J'ai tenté quelques expériences sur ce sujet ; leur nombre trop limité n'étonnera personne, car on sait que, pour les exécuter, il faut le concours de trois volontés : celles du médecin, du chimiste et du malade.

Les observations ont duré pendant quatre-vingt-seize heures.

Le régime alimentaire consistait en viande bouillie et rôtie, poisson, choux, pain, potage, lait, café à l'eau, thé, sucre, vin.

Les principes sucrés et saccharifiables compris dans la nourriture étaient :

Pain..............	95 gr	Amidon	52,54 gr		
Pomme de terre.....	60		13,92		
			66,46	= Glucose	73,97 gr
Choux............	100	Sucre	5,00		
Sucre..........	15		15,00		
			20,00	= Glucose	21,05
Lait.............	400	Lactose	20,00	= Glucose	20,00
Glucose pouvant être produit par la ration....					115,02

I. *Observation du* 13 *au* 14 *novembre* 1871. — Urine rendue en vingt-quatre heures : 1^lit^,4; glucose dosé dans 1 litre : 34^gr^,2, dans l'émission, 47^gr^,9.

II. *Observation du* 14 *au* 15 *novembre*. — Urine rendue en vingt-quatre heures : 1^lit^,5; glucose dosé dans 1 litre : 22^gr^,8, dans l'émission : 34^gr^,2.

III. *Observation du* 15 *au* 16 *novembre*. — Accidents nerveux par suite de tristes préoccupations; insomnie.

L'urine fut examinée à diverses époques de la journée.

			Dosé par litre, glucose.	Dans l'émission.
		Urine rendue.		
		lit	gr	gr
De 5^h du soir à 9^h du matin.	en 16^h	1,1	45,6	50,16
De 9^h du matin à 2^h du soir.	en 5^h	0,3	55,1	16,53
De 2^h du soir à 5^h du soir...	en 3^h	0,3	41,8	12,54
	24^h	1,7		79,23

IV. *Observation du* 16 *au* 17 *novembre.* — Urine rendue en vingt-quatre heures : 1^{lit},6 ; glucose dosé dans 1 litre : 25 grammes, dans l'émission, 40 grammes.

Le glucose trouvé dans l'urine émise en vingt-quatre heures, sous l'influence du régime dont j'ai indiqué le poids et la composition, représente :

Observation I. — Les $\frac{42}{100}$ des principes sucrés ou saccharifiables de la ration, exprimés en glucose.

Observation II. — Les $\frac{30}{100}$ des principes sucrés ou saccharifiables de la ration, exprimés en glucose.

Observation III. —Les $\frac{60}{100}$ des principes sucrés ou saccharifiables de la ration, exprimés en glucose.

Observation IV. — Les $\frac{40}{100}$ des principes sucrés ou saccharifiables de la ration, exprimés en glucose.

Dans aucun cas, la totalité des principes sucrés ou amylacés de la ration n'a été retrouvée à l'état de glucose dans l'urine.

On exclut rigoureusement du régime des glycosuriques les potages à pâtes féculentes, au riz, au vermicelle, au sagou, ce qui est certainement une grande privation. On permet, il est vrai, de les remplacer par des potages à pâtes de gluten.

L'exclusion m'ayant paru exagérée et la substitution peu justifiée, j'ai voulu savoir ce qu'il existe de féculents dans une assiettée de soupe dont le volume dépasse rarement 166 centimètres cubes.

Dans 1 litre de bouillon on ajoute, pour faire un potage, les doses suivantes :

Vermicelle	44 grammes.
Riz	43 »
Sagou	56 »
Gluten, grains d'orge	60 »

Par conséquent, il y a dans l'assiettée de 166 centimètres cubes :

		Amidon.	Glucose.
	gr	gr	gr
Vermicelle	7,31	5,58	6,20
Riz	7,14	5,43	6,03
Sagou	9,30	6,95	7,73
Gluten, grains d'orge	9,96	6,93	7,37

Ainsi, dans une portion de potage, il n'y a que 6 à 7 grammes de glycogènes ; et il est à remarquer que le potage à pâte de gluten renferme en réalité plus d'amidon que les autres.

Les légumes verts, les racines exemptes de fécule sont admises à peu près en toutes proportions dans les régimes des diabétiques ; il y a pourtant dans les aliments végétaux de notables quantités de matières sucrées. M. Joseph Boussingault a trouvé de 5 à 7 pour 100 de sucre réducteur dans les choux ; 6 à 8 pour 100 de sucre non réducteur dans les carottes ; dans certaines années, le navet en renferme jusqu'à 8 à 9 pour 100 : il est peu de feuilles qui n'en contiennent. Cependant il est reconnu que la substitution des végétaux, des racines aux aliments féculents est favorable ; serait-ce parce qu'il entre dans leur constitution des sels de potasse à acides organiques que la combustion respiratoire change en carbonates alcalins ? Or on sait que les alcalis portés dans l'organisme favorisent la destruction, la combustion du glucose. L'urine des herbivores, mis au régime du vert, est constamment alcaline : il s'y rencontre, ainsi que je l'ai reconnu, du bicarbonate

de potasse. Jamais je n'ai observé de glucose dans l'urine du bétail, alors même que dans la ration je faisais entrer assez de betteraves pour qu'elle contînt 5 kilogrammes de sucre, et en ajoutant à cette ration jusqu'à 3 kilogrammes de mélasse, de manière que l'animal reçût 8 kilogrammes de sucre en vingt-quatre heures; l'urine est restée tout aussi alcaline : elle n'a pas fait dévier un rayon de lumière polarisée.

Pour qu'on puisse se former une idée de l'alcali que peut renfermer une ration consommée à l'étable, on en a recherché la proportion dans plusieurs fourrages.

L'alcali, formé presque entièrement de potasse, a été dosé dans les cendres du végétal. Il s'agit ici d'alcali uni à des acides organiques et ne constituant pas des chlorures, des sulfates ou des phosphates, en un mot, d'alcali passant à l'état de carbonate dans la sécrétion urinaire.

Voici des résultats rapportés à 1 kilogramme de matière :

	Potasse KaO.
	gr
Choux	2,5
Chicorée	1,7
Navets	3,7
Carottes	2,5
Betteraves	6,8
Pommes de terre	3,2
Épinards	4,5

Ainsi, dans $12^{kg},5$ de racines, de fourrages verts, que l'on fait facilement entrer dans la ration d'une pièce de bétail nourrie en stabulation, il peut y avoir :

	Carbonate de potasse.
	gr
Dans les carottes	45,8
Dans les navets	60,3
Dans les betteraves	123,6
Dans les choux	29,9
Dans les pommes de terre	59,0

On comprend dès lors comment l'urine des herbivores est toujours alcaline, et pourquoi il s'y rencontre, par litre, 15 à 16 grammes de bicarbonate de potasse, comme l'analyse l'a confirmé (1). Le foin qu'on ajoute aux racines, dans une ration, y apporte d'ailleurs un contingent d'alcali.

100 grammes d'épinards contiennent $0^{gr},45$ de potasse, pouvant former par la combustion $0^{gr},6$ de carbonate : ils ont, par conséquent, à peu près la puissance alcaline appartenant à 1 décilitre d'eau de Vichy.

Nul doute que, dans un régime prescrit aux glycosuriques, il n'y ait à prendre en considération l'alcali fourni par les aliments végétaux.

Il n'est pas invraisemblable, par exemple, que dans l'équivalent des pommes de terre, pesant 173 grammes, et où il y a les éléments de $0^{gr},9$ de carbonate de potasse, les $40^{gr},2$ d'amidon qui en font partie soient soumis à une action alcaline favorable au malade, à laquelle échapperont les $40^{gr},2$ d'amidon des équivalents de biscuit de gluten, du riz, des pâtes féculentes, du pain, par la raison que, dans ces aliments, l'alcali s'y trouvant constituer des phosphates n'est pas dans les conditions voulues pour donner lieu à une production de carbonate, par l'effet de la combustion accomplie dans l'organisme.

---

(1) Boussingault, *Économie rurale.*

SUR LES

FERMENTS CHIMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES;

PAR M. A. MÜNTZ.

La différence qui existe entre les ferments doués de vie et les ferments consistant en une substance azotée, non organisée, est établie depuis longtemps. M. Dumas a appliqué à ces derniers la qualification très-caractéristique de *ferments non reproductibles;* ils n'ont, en effet, rien de ce qui caractérise l'être vivant : ils ne sont pas aptes à se multiplier, non plus que toute autre substance chimiquement définie.

La dénomination commune qu'on applique à ces deux classes d'agents de transformation ne peut donc se justifier que par la similitude de leur mode d'action sur les matières aptes à subir leur influence.

Il est quelquefois difficile, en présence de certaines transformations, de décider s'il y a intervention ou non d'êtres organisés, et l'observation microscopique ne permet pas toujours de trancher cette question. On comprend, en effet, qu'il puisse exister des organismes vivants qui, soit par leur petitesse, soit par leur ressemblance avec des corpuscules inorganisés, soit par la valeur de leur indice de réfraction, échappent à l'œil du micrographe.

Il y a un caractère qui établit quelquefois une différence entre ces deux sortes de fermentations, caractère cependant très-incertain : les ferments doués de vie ont leur maximum d'action situé à une température variant de 25 à 40 degrés; tandis que la généralité des ferments chi-

miques a ce maximum situé sensiblement plus haut, à une température où la vie ne se manifeste plus que difficilement.

Un certain intérêt s'attachant à la distinction de ces deux ordres de phénomènes, confondus sous le nom de *fermentations,* j'ai cherché un agent qui permît de les distinguer nettement. Le chloroforme remplit entièrement les conditions voulues : il empêche absolument toute fermentation concomitante de la vie; il est absolument sans influence sur les fermentations d'ordre chimique.

1° 200 centimètres cubes de lait, additionnés de 5 centimètres cubes de chloroforme, restent depuis quatre mois sans se cailler; aucun organisme ne s'y manifeste. (Le beurre s'est en partie dissous dans le chloroforme et s'est précipité au fond avec lui.)

2° 200 centimètres cubes d'urine fraîche, additionnée de 2 centimètres cubes de chloroforme, restent, depuis deux mois, à une température de 25 à 30 degrés, sans subir la fermentation ammoniacale ; aucun organisme n'y apparaît.

3° 10 grammes de sucre de canne, dissous dans 200 centimètres cubes d'eau, en présence de craie, de fromage et de 3 centimètres cubes de chloroforme, ne manifestent pas, au bout de quatre mois, la fermentation lactique; aucun organisme ne prend naissance dans la liqueur.

4° De la chair, de la gélatine, de l'empois d'amidon, d'autres substances très-altérables, en présence de l'eau et d'une petite quantité de chloroforme, se conservent depuis plus de trois mois, malgré la température d'environ 30 degrés à laquelle ils sont soumis. Aucun être vivant, ni animal, ni végétal, ne se trouve dans les liquides.

5° La fermentation alcoolique des sucres, en présence de la levûre de bière, est complétement arrêtée à partir du moment où le chloroforme est mis en contact avec les dissolutions.

Les fermentations concomitantes de la vie ne se manifestent donc pas en présence du chloroforme.

Au contraire, les fermentations chimiques ne sont ni entravées, ni même ralenties par la présence du même agent.

1° 2 grammes d'orge germée sèche, contenant originairement $0^{gr},05$ de glucose ([1]), ont été mis en contact avec 40 centimètres cubes d'eau et 5 centimètres cubes de chloroforme : au bout de cinquante heures, il s'était formé $0^{gr},52$ de glucose.

Dans une expérience parallèle, sans chloroforme, il s'était développé, dans le même temps, $0^{gr},54$ de glucose.

2° 10 grammes de tourteau d'amandes amères, contenant originairement $0^{gr},006$ d'acide cyanhydrique ([2]), ont été mis en contact avec 300 centimètres cubes d'eau et 5 centimètres cubes de chloroforme : au bout de soixante-dix heures il s'était développé $0^{gr},032$ d'acide cyanhydrique. Dans une expérience parallèle, sans chloroforme, il s'était également développé $0^{gr},032$ d'acide cyanhydrique.

3° De l'empois d'amidon très-liquide, contenant originairement, pour 100 centimètres cubes, environ $0^{gr},015$ de glucose, a été mis en contact avec de la salive et du chloroforme en grande quantité : après quinze heures, il s'était formé, pour 100 de liquide, $0^{gr},120$ de glucose.

Le même empois, sans chloroforme, a donné, avec la salive, dans le même temps, $0^{gr},110$ pour 100 de glucose.

4° De la farine de graine de moutarde, qui ne contenait que des traces d'essence, mise en contact avec de l'eau et du chloroforme, a développé une odeur aussi forte que celle de la farine qui était avec l'eau pure.

5° 100 centimètres cubes d'une dissolution de sucre de canne à 5 pour 100 marquaient au saccharimètre 33,0 à droite. Additionnée de 3 grammes de levûre et de 5 gouttes de chloroforme, cette liqueur, sans dégager une bulle d'acide carbonique, s'est intervertie à peu près complète-

---

([1]) Dosé par la liqueur de Fehling.
([2]) Dosé par le procédé de M. Buignet.

ment au bout de quarante-huit heures. En effet elle marquait, au bout de ce temps, 9,5 à gauche.

Dans cette expérience, la levûre a donc produit son action chimique, l'interversion, due à une matière soluble qu'elle renferme et qui a la plus grande analogie avec la diastase et ses congénères; elle n'a pas produit la fermentation alcoolique, qui est un acte physiologique, c'est-à-dire concomitant de la vie.

Ces exemples suffisent pour montrer qu'il est possible d'établir, au moyen du chloroforme, une distinction très-nette entre les fermentations d'ordre chimique et les fermentations d'ordre physiologique.

Cette propriété me permettra, je l'espère, d'aborder sous un point de vue nouveau l'étude des virus et des autres matières d'origine animale qui sont aptes à jeter des désordres dans l'organisme vivant. On pourra, en effet, faire la distinction entre les virus qui paraissent agir à la manière de la diastase et de ses analogues et les liquides altérés produisant les symptômes de la septicémie, qu'on croit devoir attribuer à des animalcules, les vibrions.

Il sera possible aussi de faire la part de l'intervention des êtres organisés dans ces fermentations ou transformations curieuses que M. Berthelot a décrites ([1]).

Dans le cours de ces recherches, je n'ai pas étudié d'une manière spéciale les symptômes d'anesthésie chez les organismes inférieurs. La levûre de bière anesthésiée pendant plusieurs heures n'a jamais, après qu'on l'eut soustraite à l'action du chloroforme, paru reprendre, avec la même intensité, son action sur les matières sucrées. Le ferment lactique a paru plus susceptible de reprendre son fonctionnement ordinaire. Un contact prolongé amène la mort.

Je continue ces recherches dans l'ordre d'idées indiqué dans le présent travail.

([1]) *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. L, p. 322 et 369.

MÉMOIRE

SUR

LE DOSAGE DU TANNIN;

PAR MM. A. MÜNTZ ET RAMSPACHER.

Le dosage exact du tannin a une importance considérable, et l'on a souvent eu à regretter qu'il n'existât aucun procédé permettant de déterminer avec une certitude absolue l'une des matières premières d'une grande industrie.

Nous ne passerons pas en revue les nombreux procédés de dosage qui ont été proposés; qu'il nous suffise de dire que presque tous ces procédés ne donneraient des résultats exacts que si l'on opérait sur du tannin pur. Mais cela n'est jamais le cas, et les matières tannantes que l'industrie des cuirs emploie contiennent toujours des principes qui peuvent influer sur les diverses réactions proposées pour les dosages, ou, tout au moins, empêcher que ces réactions soient aussi nettes qu'il le faudrait pour arriver à un dosage rigoureux. Il convient donc de rejeter les procédés basés sur des réactions chimiques.

On peut les remplacer par une méthode qui se rapproche de la pratique industrielle, l'absorption du tannin par un morceau de peau. On a proposé, il y a longtemps, de déterminer le tannin contenu dans une dissolution en y plongeant un morceau de peau pesé, qu'on repèse après la fixation du tannin. Quoique séduisante par son apparente simplicité, cette méthode n'est pas applicable.

L'un de nous a montré ([1]) que les chances d'erreur sont beaucoup trop considérables, la peau sèche étant une matière extrêmement hygrométrique, qu'il est presque impossible de ramener à un état de dessiccation constant.

Le procédé de dosage basé sur l'emploi d'une dissolution de gélatine ne donne aussi que des résultats peu certains; il est presque généralement abandonné. Nous avons remarqué que la dissolution d'une matière tannante, filtrée par pression ou aspiration à travers un morceau de peau, lui abandonne tout son tannin, tandis que la totalité des autres matières dissoutes traverse le tissu animal.

Cette propriété nous a paru pouvoir être appliquée à la détermination exacte du tannin. En effet, si l'on évapore à sec des quantités égales de la dissolution de la matière tannante et de cette même dissolution débarrassée de tannin par son passage à travers la peau, on obtient deux résidus, dont l'un contient toutes les matières solubles de la substance à analyser, et l'autre les mêmes matières, moins le tannin. En retranchant le poids du second résidu du poids du premier, on a le poids du tannin contenu dans le liquide soumis à l'évaporation.

On peut remplacer cette évaporation par la prise des densités des liquides avant et après la filtration, l'augmentation de densité que donne le tannin à l'eau étant déterminée par des expériences préliminaires. Nous décrirons d'abord l'appareil dont nous nous sommes servis en premier lieu, et ensuite celui auquel nous nous sommes définitivement arrêtés et dont le maniement facile permettra à tout tanneur de faire rapidement et avec précision le dosage du tannin dans les matières qu'il emploie.

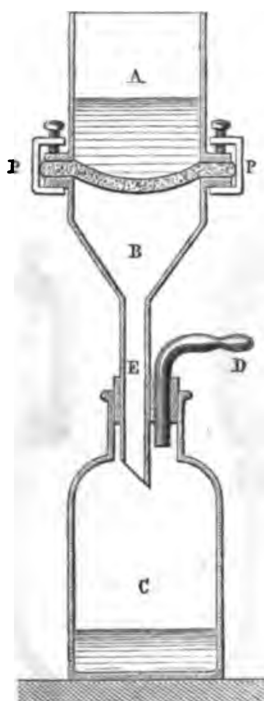
L'appareil primitif se compose de deux parties distinctes: l'une A (*fig.* 1) consiste en un cylindre en zinc ou en fer

---

([1]) *Annales de Chimie et de Physique*, 4e série, t. XX.

étamé, portant à sa base un rebord d'environ 15 millimètres de largeur et 4 millimètres d'épaisseur; l'autre B consiste en un cylindre de même diamètre, plus court, se terminant par un cône, au sommet duquel est soudé un tube E; ce cylindre porte un autre rebord pareil au pré-

Fig. 1.



cédent. La peau est prise entre les rebords, qui sont serrés par les pinces P. Le liquide est placé dans la partie A, au-dessus de la peau. Le tube E s'engage dans un bouchon en caoutchouc, qui s'adapte sur le flacon C; une seconde tubulure T est mise en communication avec une machine pneumatique ou avec une trompe. La filtration du liquide

s'opère dès qu'on fait aspiration; il tombe goutte à goutte dans le flacon C.

L'appareil définitif (*fig.* 2 et 3) se compose d'un socle, d'une couronne et d'un chapeau; ces trois parties sont re-

Fig. 2.

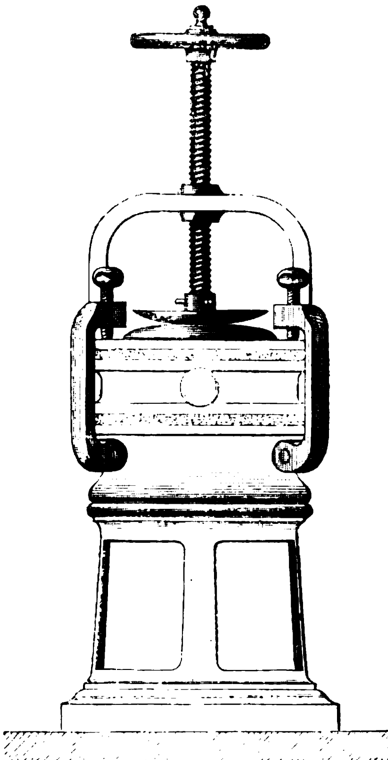
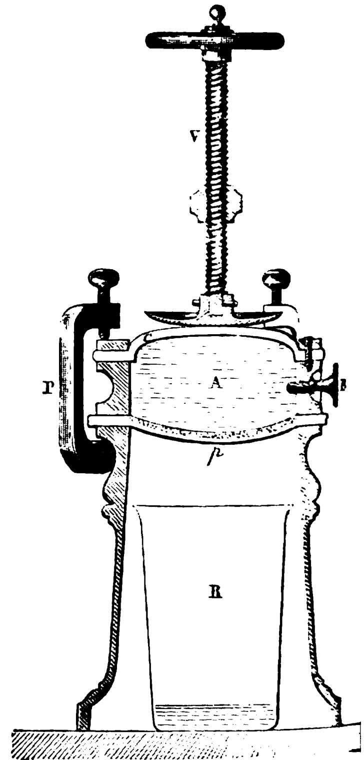


Fig. 3.



liées au moyen de trois petites pinces P, fixées au socle et destinées à serrer la peau *p*. Le chapeau a la forme d'un étrier; il porte une vis V, terminée par un petit disque de bronze. En abaissant la vis, ce disque vient comprimer le caoutchouc *c* qui, communiquant la pression qu'on lui

donne au liquide placé en A, le force à traverser la peau. La couronne qui sépare le chapeau du socle porte un petit orifice en forme d'entonnoir, par lequel on introduit le liquide et que l'on bouche au moyen d'un petit bouchon à vis. Le caoutchouc C est serré entre la base du chapeau et la couronne.

La peau que nous employons de préférence est celle qui sort du travail de rivière, c'est-à-dire qui, après avoir été dépoilée, a séjourné quelques jours dans l'eau courante. Il est indifférent d'employer telle ou telle espèce de peau, pourvu qu'elle soit assez épaisse pour retenir tout le tannin et pas assez ferme pour s'opposer à une filtration rapide.

Les parties dites *creuses* nous paraissent se prêter le mieux à nos expériences, parce qu'elles permettent au liquide de les traverser rapidement. Dans le bœuf, nous choisissons le flanc; dans la vache, le flanc et la tête; dans le veau, la tête seulement. De cette manière, la peau sur laquelle on a prélevé l'échantillon n'est pas endommagée. Il nous semble préférable aussi d'employer les peaux dépoilées à l'échauffe; si cependant on se sert de celles qui ont été dépoilées à la chaux, il faut avoir soin de les malaxer dans l'eau pour en faire sortir la chaux. Le morceau étant découpé à la grandeur voulue, on l'exprime à la main pour en faire couler l'eau qui l'imbibe; on le pose en place et on le serre avec les pinces.

Pour faire la dissolution du tannin, nous opérons de la manière suivante.

Après avoir prélevé un échantillon moyen de la matière tannante à examiner, on le broie dans un moulin à café. La matière étant ainsi pulvérisée, on en pèse une certaine quantité; pour les écorces de chêne ordinaires, on prend 20 grammes; pour les écorces plus riches, comme celles d'Afrique, la garouille, etc., on prend 10 grammes; pour les kinos, le dividivi, etc., 5 grammes suffisent; enfin, si la matière contient au delà de 60 pour 100 de tannin,

comme les extraits secs de châtaignier, on n'opère que sur 3 grammes de matière. Cette matière est placée au fond d'une allonge effilée, munie d'un tampon de coton et posée au-dessus d'une éprouvette graduée à 100 centimètres cubes. On tasse légèrement et l'on y verse de l'eau bouillante par petites portions, en ayant soin que la filtration ne s'opère pas trop vite. Il est prudent de mettre une heure au moins à faire ce lavage par déplacement. Quand on a obtenu 100 centimètres cubes de liquide, on ne recueille plus ce qui passe. A ce moment, on peut considérer la matière comme épuisée. On mélange le liquide en bouchant l'éprouvette avec la main; quand il est revenu à la température ambiante, on y plonge le tannomètre et on lit le degré au point d'affleurement. Le liquide est alors introduit dans l'appareil, la peau étant en place, par l'orifice B (*fig.* 4), qui est immédiatement rebouché. Ce liquide remplit alors, en partie ou en totalité, l'espace A compris entre le caoutchouc et la peau. En abaissant la vis V, on exerce sur le caoutchouc une pression qui force le liquide à filtrer à travers la peau; il tombe goutte à goutte dans le vase R, avec une rapidité variant avec la pression donnée ([1]). De temps en temps on fait jouer la vis pour maintenir la pression, qu'on peut rendre assez forte. Quand on a obtenu assez de liquide pour remplir une petite éprouvette, ce qui arrive au bout de vingt ou trente minutes, on arrête l'opération et on lit le degré que marque au tannomètre le liquide filtré transvasé dans la petite éprouvette. Le second chiffre obtenu est retranché du premier donné par le liquide avant la filtration. La différence entre les deux chiffres donne directement la quantité de tannin contenue dans 100 centimètres cubes du liquide.

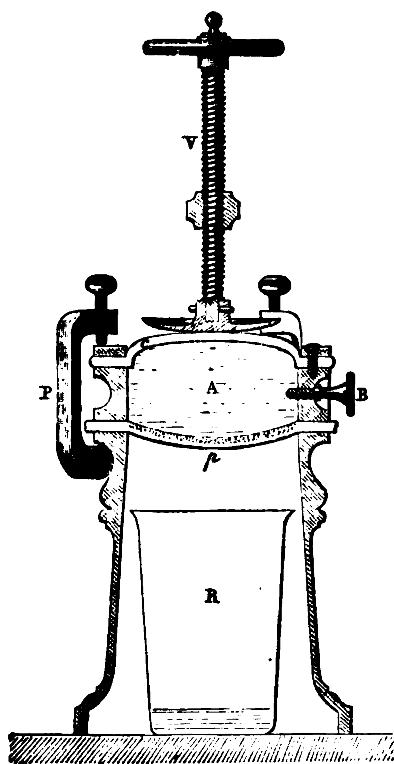
([1]) Pour les expériences de précision, il est bon de rejeter les 10 ou 15 centimètres cubes qui passent en premier lieu et qui contiennent l'eau imbibant la peau. Dans la pratique il n'est pas nécessaire de faire disparaître cette cause d'erreur, qui est insignifiante.

Supposons que l'on ait obtenu :

Pour le liquide primitif.........	3,2
Pour le liquide filtré...........	1,5
On aura pour différence.....	1,7

ce qui veut dire que 100 centimètres cubes de liqueur con-

Fig. 4.



tiennent $1^{gr},7$ de tannin. Pour savoir combien de tannin contient la substance analysée, on multiplie la différence trouvée par $\frac{100}{20} = 5$, si l'on a opéré sur 20 grammes de

matière ; par $\frac{100}{10} = 10$, si l'on en a pris 10 grammes ; par $\frac{100}{5} = 20$, si l'on en a pris 5 grammes, et ainsi de suite.

Quand la matière à analyser est liquide, comme les extraits de châtaignier, on se borne à en mélanger 5 grammes avec de l'eau et à amener le volume à 100 centimètres cubes. Quant aux jus des passements ou jus d'écorces dont on veut connaître la richesse, on les emploie tels quels ; la différence entre les deux densités donne directement le tannin qu'ils renferment.

Si l'on veut se servir du procédé de l'évaporation, qui est susceptible d'une précision bien plus grande, mais qui ne peut s'exécuter que dans un laboratoire, on prélève 10 centimètres cubes de la liqueur tannique et autant de la liqueur filtrée ; on évapore à sec dans des capsules à fond plat, et l'on maintient quelque temps à 110 degrés. La différence entre les deux poids donne la quantité de tannin contenue dans les 10 centimètres cubes du liquide employé.

Pour graduer notre densimètre, auquel nous donnons le nom de *tannomètre,* nous ne nous sommes pas bornés à ajouter à de l'eau des quantités connues de tannin et à prendre les densités des solutions : nous nous sommes placés dans les conditions mêmes de la pratique des dosages, c'est-à-dire que nous avons fait une série de dosages très-exacts du tannin dans des matières tannantes, par le procédé de l'évaporation décrit plus haut, et nous avons comparé les densités aux quantités de tannin dosées.

1° On a dissous dans de l'eau distillée du tannin à l'éther, retiré de la noix de galle et préparé à un état de pureté satisfaisant. La température était de 15 degrés. Un densimètre très-sensible, qui donnait les densités à $\frac{1}{1000}$ près, marquait :

Dans l'eau pure........	1000,0
Dans l'eau contenant 0^{gr},5 pour 100 de tannin...	1002,0

Dans l'eau contenant	1gr,0 pour 100 de tannin	...	1004,0
»	1,5	» ...	1006,0
»	2,0	» ...	1008,0
»	5,0	» ...	1018,5

Ainsi la proportionnalité entre la quantité de tannin et l'augmentation de densité produite se maintient quand les quantités de tannin ne sont pas trop fortes; quand le liquide en contient 5 pour 100, on ne peut plus compter sur la densité pour un dosage rigoureux; aussi n'employons-nous que des liqueurs qui ne contiennent pas au delà de 2 à 3 pour 100 de tannin.

2° Écorce de chêne jeune de la haute Bourgogne; 20 grammes épuisés par 100 centimètres cubes d'eau.

Densité primitive	1011,0
» après filtration	1004,5
Différence attribuable au tannin.	6,5

Par l'évaporation on a dosé, dans 100 centimètres cubes de liquide, 1gr,66 de tannin (soit 8,30 pour 100 d'écorce).

Dans cette expérience, 1 pour 100 de tannin a augmenté la densité de 3,95.

3° Écorce de chêne d'Afrique, 10 grammes épuisés par 100 centimètres cubes d'eau.

Densité primitive	1007,25
» après filtration	1002,50
Différence attribuable au tannin....	4,75

Par l'évaporation, on a dosé, dans 100 centimètres cubes de liquide, 1gr,24 de tannin (soit 12,4 pour 100 d'écorce).

Dans cette expérience, 1 pour 100 de tannin a augmenté la densité de 3,84.

4° Dividivi; 3 grammes épuisés par 100 centimètres cubes d'eau :

Densité primitive	1007,40
» après filtration	1002,80
Différence attribuable au tannin	4,60

Par l'évaporation, on a dosé, dans 100 centimètres cubes de liquide, $1^{gr},19$ de tannin (soit 37,0 pour 100 de matière).

Dans cette expérience, 1 pour 100 de tannin a augmenté la densité de 3,86.

5° Cachou (*terra japonica*); 10 grammes épuisés par 100 centimètres cubes d'eau :

Densité primitive	1031,5
» après filtration	1015,0
Différence attribuable au tannin	16,5

Par l'évaporation, on a dosé, dans 100 centimètres cubes de liquide, $4^{gr},35$ de tannin (soit 43,50 pour 100 de matière).

Dans cette expérience, 1 pour 100 de tannin a augmenté la densité de 3,80.

6° Extrait de châtaignier liquide, 10 grammes dans 100 centimètres cubes.

Densité primitive	1014,75
» après filtration	1002,50
Différence attribuable au tannin	12,25

Par l'évaporation, on a dosé, dans 100 centimètres cubes de liquide, $3^{gr},0$ de tannin (soit 30,0 pour 100 d'extrait).

Les chiffres obtenus pour l'augmentation de densité que

le tannin fait subir à l'eau pure ou chargée des autres matières solubles des substances tannantes sont assez concordants pour que nous ayons pu, avec ces données, construire un densimètre spécial gradué de manière à indiquer les quantités réelles de tannin contenu dans un liquide. En moyenne, 1 pour 100 de tannin fait subir à l'eau ou aux dissolutions aqueuses des matières tannantes une augmentation de 3,9 millièmes. Notre densimètre marque 0 dans l'eau pure à 15 degrés; 1 dans une dissolution ayant une densité de 1003,9; 2 lorsque la densité est de 1007,8; 3 à la densité de 1011,7; les intervalles entre *chacune de ces unités* sont divisés en 10 parties; chacune de ces divisions correspond à $\frac{1}{1000}$ de tannin contenu dans le liquide.

Il est inutile de tenir compte de la température dans les essais; en effet, la lecture de la densité se faisant pour les deux liquides à la même température, le résultat obtenu est identique, quelles que soient les variations thermométriques, la dilatation du liquide étant la même dans les deux cas.

Exemple. — Une dissolution d'écorce de chêne marquait à 11 degrés :

Avant la filtration	2,60
Après la filtration	0,65
Tannin dosé dans la dissolution	1,95

Cette même dissolution, portée à 32 degrés, marquait

Avant la filtration	3,35
Après la filtration	1,50
Tannin dosé dans la dissolution	1,95

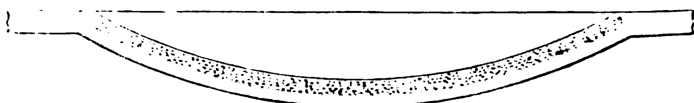
Les résultats obtenus à des températures très-différentes, mais identiques pour les deux dissolutions, sont donc les mêmes.

Les expériences faites pour démontrer que la peau retient tout le tannin sans absorber en proportion sensible les matières qui peuvent l'accompagner, telles que les sucres, gommes, acides et sels végétaux, matières extractives, etc., sont les suivantes :

1° Une dissolution à 3 pour 100 de tannin à l'éther a été filtrée sur la peau ; 200 centimètres cubes de liquide filtré, évaporés à sec, ont laissé un résidu pesant $0^{gr},08$ et consistant en matière résineuse noire contenue dans le tannin à l'état d'impureté.

Quand la peau est en excès, elle ne laisse passer aucune trace de tannin : la combinaison est immédiate ; aussi, dans les dosages, voit-on la partie supérieure de la peau complétement transformée en cuir, tandis que la partie inférieure n'a subi aucune action. Nous donnons (*fig.* 5)

Fig. 5.



la coupe d'un morceau de peau après le dosage ; la partie pointillée est tannée ; la partie inférieure reste à l'état de peau. La limite où s'arrête l'action du tannin est nettement tracée.

2° Une dissolution de sucre de canne à 5 pour 100 environ marquait au saccharimètre $32^{div},5$; après la filtration (les premières parties du liquide étant rejetées), la dissolution marquait également $32^{div},5$. Le sucre de canne n'a donc pas été absorbé.

3° Une dissolution étendue de gomme arabique, contenant par 20 centimètres cubes $0^{gr},570$ de matières fixes, a été filtrée à travers la peau ; 20 centimètres cubes de liqueur filtrée contenaient : matières fixes, $0^{gr},489$. Dans cette expérience, une petite quantité de gomme paraîtrait

avoir été retenue; cependant, comme la solution gommeuse primitive était trouble et que la solution filtrée était parfaitement limpide, on peut admettre que ce qui a été retenu par la peau était formé de matières en suspension qu'un filtre aussi parfait qu'un tissu animal d'une certaine épaisseur n'a pas laissé passer.

4° De l'acide acétique très-étendu, dont 5 centimètres cubes saturaient 23^{cc},5 d'eau de chaux, a saturé, après son passage à travers la peau, 22^{cc},9 de la même eau de chaux. La petite diminution d'acidité provient de la présence d'un peu de chaux dans le tissu de la peau; en effet, l'acide filtré contenait une petite quantité d'acétate de chaux.

5° Une dissolution d'acide gallique à 0^{gr},122 par 20 centimètres cubes en contenait, après filtration, 0^{gr},098. La peau s'était gonflée considérablement; la filtration était extrêmement rapide. La proportion d'acide gallique retenu est extrêmement faible en comparaison du poids de la peau. Quelques tanneurs pensent que l'acide gallique tanne, c'est-à-dire se fixe sur la peau à la manière du tannin; ils expriment cette idée en disant que l'acide gallique donne du poids.

Nous pouvons affirmer que l'acide gallique ne tanne pas; mais il a la propriété de rendre la peau très-perméable et, par suite, de permettre l'absorption ou plus rapide ou plus considérable des matières tannantes.

Si cet acide n'était pas d'un prix trop élevé, il rendrait certainement de grands services dans l'industrie des cuirs.

6° Une dissolution de bitartrate de potasse a traversé intégralement la peau. 200 centimètres cubes de dissolution primitive ont donné : résidu sec, 0^{gr},075; la même quantité de dissolution filtrée a laissé 0^{gr},073 de résidu.

7° De la matière extractive, venant de jus de prunes ayant subi la fermentation alcoolique, n'a pas été retenue. Outre les principes indéterminés auxquels on applique le

EXPÉRIENCES

POUR

CONSTATER LA PERTE EN SUCRE

DANS LE SUCRAGE DU MOUT ET DU MARC DE RAISIN.

Dans les années de mauvaises récoltes, le vigneron introduit quelquefois des matières sucrées dans le moût, soit pour améliorer la qualité du vin, soit pour en augmenter la quantité. Lors de l'invasion de l'oïdium, quand le vin acquit un prix excessif, on essaya même d'en faire d'artificiel en mêlant à de l'alcool dilué de betteraves du tartrate acide de potasse, des principes colorants et astringents, certains éthers. Quoique ces tentatives aient été dirigées avec intelligence, on resta néanmoins loin du but qu'on s'était proposé d'atteindre. On obtint toutefois des boissons d'un goût agréable, préférables peut-être, sous le rapport de la saveur, à ces vins âpres, acides, de certains crus, vins naturels, sans doute, mais d'un mauvais naturel. C'est que, pour imiter par la synthèse une boisson aussi complexe, il faudrait être guidé par des données analytiques qui, si elles ne manquent pas entièrement, sont évidemment incomplètes. En effet, on ne connaît encore que fort imparfaitement la constitution du vin; la preuve, c'est qu'il arrive presque toujours que de nouvelles recherches y signalent de nouveaux corps. C'est ainsi que les travaux de M. Pasteur y ont révélé l'existence de la glycérine, de l'acide succinique, produits constants de la fermentation.

Malgré les progrès accomplis, aujourd'hui encore, la prétention de faire du vin me paraît tout aussi téméraire que celle qu'on eut autrefois d'imiter les eaux minérales,

dont on croyait connaître la composition intime. On sait quel fut le résultat : des eaux médicinales qui ne guérissaient personne. C'est que l'analyse sur laquelle on s'appuyait avait laissé échapper des agents thérapeutiques qu'elle a trouvés plus tard, en bien petites quantités, il est vrai, mais dont la puissante énergie supplée à la faiblesse de la dose : l'iode, le brome, l'arsenic. N'est-il pas permis de supposer que, comme les eaux minérales, les vins doivent en partie leurs effets salutaires, leurs saveurs spéciales, leurs bouquets, à des substances encore inconnues?

Le sucrage, pratiqué par les vignerons, n'a pas pour objet, je le reconnais, la fabrication du vin, mais simplement d'apporter au moût un élément qui peut s'y trouver en proportion insuffisante, le sucre, générateur de l'alcool; aussi a-t-on conseillé, depuis longtemps, de le faire intervenir dans la fermentation des raisins de maturité incomplète.

Macquer, considérant que « le moût des raisins verts péchait essentiellement par une trop petite quantité de principes saccharins et une trop grande quantité d'acide, admit que la seule manière vraiment efficace de remédier à cet inconvénient était d'en changer la proportion, en ajoutant du sucre au moût trop acide et trop peu sucré; l'expérience prouvant que cette addition produit des effets avantageux [1] ».

Macquer, le comte de Bullion, assurent qu'ils firent un vin de bonne qualité avec du raisin d'une imparfaite maturité, en dissolvant dans le jus assez de sucre brut pour lui communiquer la saveur du vin doux.

Ces essais, datant de 1776, sont, je crois, le point de départ du sucrage, que Chaptal, en 1800, recommandait en ces termes, dans son *Art de faire le vin* : « Comme le sucre de canne est très-répandu, c'est celui qu'on emploie

---

[1] Macquer, *Dictionnaire de Chimie*, t. IV, p. 209.

pour améliorer la fermentation, mais il serait plus économique d'extraire le sucre de raisin dans les années d'abondance et de parfaite maturité, pour le faire servir à cet usage. J'inviterai les populations du Midi à reprendre cette intéressante fabrication ».

Or il arriva, lors du blocus continental, que la préparation du sirop de raisin prit tout à coup une grande extension, non pas pour améliorer les moûts, mais pour remplacer, dans l'économie domestique, le sucre qui avait atteint un très-haut prix (1). M. Dubrunfaut fait remarquer que si, dès cette époque, on eût suivi le conseil de Chaptal, le sucrage des vendanges, tel qu'on l'a pratiqué depuis, n'eût pas présenté les inconvénients qui se sont manifestés dans son application, et qu'on eût évité ainsi un échec très-mérité. Malheureusement, on donna la préférence au sirop d'amidon. « Aussitôt que l'on eut reconnu, dit l'éminent technologiste que je viens de citer, que la fécule de pommes de terre, traitée par l'acide sulfurique, est transformée en une matière sucrée pouvant fournir des agglomérations cristallines ne se distinguant en aucune manière de celle que l'on trouve dans les raisins secs, ou dans le sirop de moût concentré, on admit l'identité entre le sucre d'amidon et le sucre de raisin (2). »

Quoique ce fût une erreur, cette identité fut acceptée. On établit, en Bourgogne, l'industrie du sirop de fécule, qu'on employa au sucrage, pendant vingt ans (3), à l'exclusion du sucre de canne ou de betterave, d'abord, pour bonifier les moûts venant de raisins incomplétement mûrs; ensuite, et par extension, pour renforcer en alcool les produits irréprochables des crus les plus renommés (4).

---

(1) 10 à 12 francs le kilogramme.
(2) DUBRUNFAUT, *Sucrage des vins*, p. 18. Paris, 1854.
(3) De 1825 à 1845.
(4) DUBRUNFAUT, *Sucrage des vins*, p. 14.

Évidemment, dans ce dernier cas, c'était là un abus, puisqu'on appliquait un remède à qui n'était pas malade. Aussi, à partir de l'année 1845, « des plaintes surgirent, en France comme à l'étranger, contre les vins de Bourgogne. Un changement notable s'était révélé dans leurs caractères apparents; une saveur particulière était venue déranger les habitudes des consommateurs; les modifications apportées par l'âge revêtaient des formes nouvelles; souvent les vins étaient altérés dans leurs propriétés essentielles, c'est-à-dire dans les transformations qu'ils subissent pendant la *garde* ([1]) ». La viticulture, le commerce loyal s'émurent nécessairement, et le congrès des vignerons, dans la session qu'il tint à Dijon, en 1845, décréta l'abandon du sucrage, en s'appuyant sur les conclusions adoptées par le comité des négociants et des propriétaires de l'arrondissement de Beaune : « Que le système du sucrage, préconisé depuis longtemps, assez généralement adopté, et contre lequel une réaction s'est opérée depuis quelques années, devrait être complétement abandonné, comme étant funeste à la Bourgogne. Qu'en effet on ne saurait contester que le sucrage dénature les vins, qu'il leur enlève ce qu'ils ont de plus précieux : leur incomparable bouquet, et cette délicatesse qui est leur véritable cachet; qu'il les rend plus vineux, plus échauffants, et en fait restreindre ou abandonner l'usage; tandis qu'il est certain que les vins de Bourgogne, préparés comme autrefois, ne contiennent pas plus d'alcool que les vins de Bordeaux, avec lesquels ils peuvent lutter pour la solidité; qu'un inconvénient, plus grave encore, résulte du sucrage, c'est l'impossibilité de distinguer, en primeur, et même pendant la première année, des caves d'un ordre et d'un climat différent ([2]). »

([1]) Dubrunfaut, *Sucrage des vins*, p. 13.
([2]) Dubrunfaut, *Sucrage des vendanges*.

Les viticulteurs n'adhérèrent pas [illegible] congrès : il y en eut parmi eux [illegible] le sucrage, en soutenant que les [illegible] naient de ce qu'on l'appliqua [illegible] les bonnes années comme dans les mauvaises [illegible] pas ainsi que cela *devait être*, aux [illegible] lièrement lors d'une maturité imparfaite [illegible] potables et marchands des vins qui ne le seraient pas sans cette opération. Quant à M. Dubrunfaut, il attribua surtout les mauvais effets du sucrage à la substitution du sirop de fécule au sucre de canne. D'après ses expériences, le sucre raffiné mis dans le moût est aussitôt transformé en deux matières sucrées : le glucose et la lévulose, constituant par leur réunion un sucre semblable à celui existant dans le raisin et vraisemblablement dans tous les fruits fermentescibles ; or la réaction de l'acide sulfurique sur l'amidon développe seulement un des sucres, le glucose, et encore est il loin d'être le produit constant et unique de la réaction. Ainsi le sirop d'amidon du commerce renferme toujours de la dextrine, souvent en forte proportion et accompagnée de principes dont le goût et l'odeur désagréables sont transmis aux vins. Si, au lieu de faire usage d'une substance aussi complexe, d'une composition aussi variable que le sirop de fécule, on eût eu recours au sucre de canne, si anciennement recommandé par Rouelle, Baumé, Macquer, de Bullion, les vins résultant du sucrage n'eussent point été discrédités, parce que, ajoutait M. Dubrunfaut, « les altérations de saveur et de goût auraient été trop peu marquées pour faire naître des griefs sérieux, et il conclut que le sucrage doit être pratiqué avec du sucre raffiné de canne ou de betterave, introduit à une dose n'augmentant pas beaucoup la richesse alcoolique du vin. Pratiquement, 1kg,70 de sucre produit 1 litre d'alcool absolu, et, dans le plus grand nombre de cas, l'addition ne doit pas excéder celle qui correspond à un développe-

ment de deux à trois centièmes d'alcool, soit 3 à 5 kilogrammes de sucre par hectolitre ([1]). »

L'intervention du sucrage dans la vendange ne saurait avoir d'autre résultat que d'augmenter le degré alcoolique du vin; aussi suis-je persuadé qu'avec des raisins verts additionnés de sucre brut Macquer n'a pas obtenu, comme il le croyait, un produit de bonne qualité : c'était une bonne qualité relative, car l'âpreté, l'excès d'acidité ont dû persister après la fermentation.

Le vin, quelle qu'en soit la provenance, est toujours acide, à cause de la présence du bitartrate de potasse, de l'acide succinique et autres acides libres.

L'acidité est une qualité ou un défaut, selon qu'elle est modérée ou exagérée. M. Dubrunfaut n'a pas rencontré de vin dont l'acidité fût inférieure à celle que feraient naître 3 grammes d'acide sulfurique monohydraté dans 1 litre d'eau; quelquefois elle est équivalente à 5 grammes, à 7 grammes et plus d'acide sulfurique par litre; dans le verjus, l'équivalence atteint souvent 20 grammes. Dans les mauvaises années, l'acide peut dominer à tel point, dans le raisin, que les vins cessent d'être potables.

Si le moût renferme peu de sucre, et deux ou trois fois autant d'acide qu'il en contient lorsque la maturité a été convenable, en le sucrant, on y développera bien de l'alcool, mais le vin restera tout aussi acide; l'amélioration ne sera donc que partielle, et, pour l'avoir complète, il est indispensable de diminuer l'acidité, en même temps qu'on augmente le degré alcoolique. Atténuer l'acidité par la saturation, ainsi qu'on n'a pas craint de le proposer, est vraiment impraticable, les bases alcalines ou terreuses formant des sels d'un goût désagréable.

A la vérité, pour le cas où l'acide en excès serait de

([1]) Dubrunfaut, *Sucrage des vendanges*, p. 21 et 25.

l'acide tartrique libre, il deviendrait possible d'en amoindrir considérablement la proportion, en faisant intervenir le tartrate neutre de potasse, donnant naissance à du bitartrate très-peu soluble et que, par cela même, on réussirait à séparer facilement. On comprendra la réaction en jetant les yeux sur les formules exprimant la constitution de l'acide tartrique bibasique et de ses sels de potasse:

Acide tartrique $C^8H^4O^{10}, 2HO$	150
Tartrate neutre de potasse $C^8H^4O^{10}, 2KaO$	226
Bitartrate de potasse $C^8H^4O^{10}, HO, KaO$	188

On voit qu'en versant du tartrate neutre dans le vin on éliminerait 150 d'acide tartrique, qui formeront 188 de bitartrate à peu près insoluble. En présence d'une forte proportion d'acide tartrique, il pourra même arriver que l'acidité du vin soit amenée à celle qu'il aurait s'il était saturé de bitartrate, soit environ 3 grammes de bisel par litre. Ces 3 grammes de crème de tartre contiendraient 2gr,29 d'acide $C^8H^4O^{10}, 2HO$, représentant l'acidité que développerait, dans 1 litre d'eau, 1gr,5 d'acide sulfurique monohydraté. Ce serait sans doute une acidité trop faible, mais il n'est pas nécessaire de transformer la totalité de l'acide tartrique en bitartrate.

Ce moyen d'élimination de l'acide tartrique libre a été imaginé et appliqué, je crois, par Vitalis. Il est inutile de faire remarquer que le bitartrate précipité serait aisément reconstitué en tartrate neutre devant servir à de nouvelles opérations.

Ce procédé conviendrait si l'excès d'acidité du vin ne dépendait que de l'acide tartrique; mais il n'en est pas ainsi. Indépendamment de l'acide succinique, propre à tout liquide fermenté, il y a dans les vins de l'acide malique, de l'acide acétique et même, parfois, de l'acide lactique, sans compter certains acides éthérés. Généralement l'acide tartrique n'entre que pour un quart, un sixième

de la totalité des acides libres du vin [1] : c'est ce qui fait que l'emploi du tartrate neutre de potasse pour désacidifier ne donne pas de résultats satisfaisants, au moins dans les vignobles de la région de l'Est, ainsi que je m'en suis assuré; la raison en est bien simple : tous les acides ayant la propriété de faire naître du bitartrate de potasse quand on les introduit dans une dissolution de tartrate neutre, le bisel se formera dans tous les vins, même en l'absence de l'acide tartrique. L'acide, quel qu'il soit, s'emparera toujours de l'un des équivalents de la potasse du tartrate neutre $C^8H^4O^{10}$, 2 (KaO) pour former du bitartrate. La réaction aura naturellement pour effet de diminuer l'acidité du vin, en saturant, comme le ferait une base alcaline quelconque, tous les acides libres, et il ne restera d'autre acide que celui constituant le bitartrate.

Les acides succinique, malique, acétique, lactique, donneront des sels neutres de potasse dont l'existence dans le vin, sous le rapport de la saveur, sera bien autrement désagréable que l'acidité qu'ils manifesteraient avant leur saturation. En définitive, le rôle du tartrate neutre de potasse, rentrant exactement dans celui que remplit un alcali libre ajouté aux vins acides, en présente tous les inconvénients.

Il n'y a réellement qu'un seul moyen de diminuer l'acidité sans introduire des substances sapides : c'est une addition d'eau. Supposons, par exemple, qu'un moût ait deux fois autant d'acide libre que celui donnant du bon vin. Il faut y ajouter un volume d'eau égal au sien, et comme, par cette addition, on affaiblirait la teneur en alcool, il convient, d'après la formule de M. Dubrunfaut, de mettre, dans chaque hectolitre d'eau, autant de fois $1^{kg},70$ de sucre raffiné que l'on veut développer de litres d'alcool absolu.

---

(1) BERTHELOT et DE FLEURIEU, *Annales de Chimie et de Physique*, 4e série, t. III, p. 177.

C'est en opérant ainsi, qu'en 1856, année de faibles récoltes et de raisins verts, je suis parvenu à faire un vin potable d'un moût de fort mauvaise qualité. Je décrirai l'opération telle qu'elle a été exécutée sur un fort échantillon des produits, pour se familiariser avec le procédé et en apprécier la valeur.

L'essai, par une liqueur alcaline titrée, indiqua, par litre de moût, une proportion d'acide équivalant à 9 grammes d'acide sulfurique, le double, à peu près, de ce que j'avais dosé dans un vin du même cru, du même cépage, récolté dans des circonstances favorables. Je mêlai, en conséquence, chaque hectolitre de moût avec 1 hectolitre d'eau tenant 20 kilogrammes de sucre blanc. Après la fermentation, dont la marche fut très-régulière, on pressura et l'on mit en fût. Ce vin, sucré et additionné d'une quantité d'eau assez forte pour l'amener à une acidité normale, fut consommé l'année suivante. Le goût en était agréable, l'acidité équivalant à $4^{gr},75$ d'acide sulfurique par litre; la teneur en alcool de 8 pour 100 en volume, ce qui indiquerait qu'il y en avait 4 pour 100 attribuables à la matière sucrée préexistante dans le moût, puisque, théoriquement, le sucre ajouté aurait dû en apporter 6 pour 100 dans le moût étendu d'eau; mais on verra plus loin que le sucre développe toujours moins d'alcool que ne l'indique le calcul.

En définitive, on avait fait une opération avantageuse, en ce sens qu'on transforma un vin que personne n'eût accepté en une boisson convenable.

Quant au prix de revient, il fut assez élevé, en raison de la cherté du sucre; il dépend d'ailleurs de la valeur que l'on assignerait au vin acide dont, dans ce cas particulier, on n'eût pu tirer parti qu'en le brûlant (1).

---

(1) En 1856, en Alsace, le kilogramme de sucre valait $1^{fr},80$.

Admettant, pour l'hectolitre de vin............	8fr
L'hectolitre d'eau, tenant 20 kilogrammes de sucre.	36
Les 2 hectolitres seraient revenus à........... ..	44
Soit l'hectolitre............................	22

Or, en 1857, en Alsace, les vins les plus ordinaires étaient cotés à 50 francs l'hectolitre.

S'il était possible de se procurer du moût de raisin amené à l'état sirupeux et dont le prix ne dépasserait pas celui du sirop de fécule, la désacidification des vins deviendrait une opération aussi profitable que loyale. En se plaçant à ce point de vue, on comprendra que la préparation des moûts concentrés destinés au sucrage des vendanges est une industrie à créer dans les contrées méridionales; il y aurait en outre cet avantage, dans l'intervention de ce produit, qu'il apporterait, avec la matière saccharine destinée à rehausser le degré alcoolique, les autres substances essentielles à la constitution du vin. La vigne est d'ailleurs un des plus grands producteurs de sucre.

Ainsi, par hectare, le sucre élaboré par différentes cultures est :

Canne (Vénézuela)........	3000kg (1)
Betterave (Alsace).....................	3000 (2)
Betterave à sucre (Nord)............... ..	5000
Pomme de terre, en équivalent de glucose. . .	3780 (3)

Or, dans le Languedoc, les plants de terret ou d'aramon, en sols bien fumés, rendent communément 400 hectolitres de vins de chaudière d'une teneur moyenne, en

(1) Admettant une récolte de 3000 quintaux de racine ayant une richesse de 0,10; dans le département du Nord, betterave à sucre, 49900.

(2) Prenant un rendement de 210 quintaux.

(3) Dubrunfaut, *Sucrage des vins*, p. 31.

C'est en opérant ainsi, qu'en 185 ... rès de
coltes et de raisins verts, je suis ... rop de
potable d'un moût de fort ma ... a vigne
l'opération telle qu'elle a été ... e qu'il
tillon des produits, pour se f ... tige, ne
en apprécier la valeur. ... on sous le

L'essai, par une liqu ... . Il n'y a peut-
litre de moût, une ... aguey, cultivé au
9 grammes d'acide s ... favorite des Aztèques.
ce que j'avais dosé ... re que la vigne.
cépage, récolté d ... mentation de la séve d'agave,
lai, en conséq ... enfermerait, d'après mes recher-
1 hectolitre d' ... :

Après la fer
on pressur ... mum. .... 26^{hl}
tionné d'u ... aximum. 56
acidité r ... Sucre.
en étai ... le premier cas, on aurait, par hectare.. 4040^{k}
furiq ... ns le second cas. 8700
lum ... Moyenne ... 6370
br

Ce sucre est surtout de la saccharose, non pas du sucre interverti : on l'extrait à l'état cristallin de la séve quand on ne la fait pas fermenter.

Que le sucrage soit opportun quand on l'applique à des vendanges qui donneraient des vins dépréciés à cause de leur verdeur et de leur pauvreté en alcool, cela est incontestable; en dehors de ces conditions, il est douteux qu'il y ait avantage à y avoir recours. Les vins trop peu acides,

(1) PARMENTIER, *Instruction sur les moyens de suppléer le sucre dans ses principaux usages* (*Annales de Chimie et de Physique*, 1re serie, t. LXVIII, p. 106.

(2) BOUSSINGAULT, *Sur le pulque.* (*Agronomie, Chimie agricole et Physiologie*, 2e edition, t. IV, p. 19.)

...ne tenir que $\frac{3}{100}$ à $\frac{4}{100}$ d'alcool, n'en ...lleurs : ils resteraient tout aussi ...itueux; ils se rapprocheraient ... d'un moût ne contenant ...rapo venant du vésou ...préciée, mais n'ayant ...tre dans le vin.

...rage n'a jamais été poussé ...ération exécutée il y a quelques ...nière assurance, en vue de quintu... d'une récolte; et, qu'on le remarque ...sait pas d'améliorer un vin qui eût été ...oici le procédé, tel que je le trouve décrit ...publication sérieuse :

...a extrait de la cuve, aussitôt après le foulage des ...ins (1), tout le liquide qui en a pu sortir librement. On en a obtenu un vin blanc légèrement teinté, très-fin et très-bon : on a eu, de la sorte, les trois quarts de ce qu'on aurait retiré si l'on avait pressuré le marc.

» Le moût non fermenté, écoulé, a été remplacé dans la cuve par un volume d'eau égal au sien, additionné de 18 kilogrammes de sucre blanc pour chaque hectolitre : il en est sorti 45 hectolitres; on ajouta 45 hectolitres d'eau sucrée : après avoir laissé fermenter sur marc pendant trois jours, on a retiré 50 hectolitres de vin rouge.

» Les 50 hectolitres de vin ont été remplacés dans la cuve par 55 hectolitres d'eau sucrée à raison de 22 kilogrammes par hectolitre : après fermentation, au bout de quarante-huit heures, on a retiré 55 hectolitres de vin, que l'on a remplacés par 55 hectolitres d'eau sucrée à raison de 25 kilogrammes par hectolitre. Deux jours après, on a retiré, en pressurant le marc, 60 hectolitres de

(1) Pineau noir.

alcool, de 10 pour 100 en volume, représentant près de 6000 kilogrammes de sucre de fruits.

Déjà, alors qu'il s'occupait de la fabrication du sirop de raisin, Parmentier avait été conduit à envisager la vigne comme le véritable succédané de la canne, parce qu'il admettait qu'aucun fruit, aucune racine, aucune tige, ne pouvait supporter la comparaison avec le raisin sous le rapport de la teneur en principes sucrés ([1]). Il n'y a peut-être que l'*Agave americana*, le Maguey, cultivé au Mexique, pour obtenir la boisson favorite des Aztèques, le pulque, qui donne plus de sucre que la vigne.

Le vin résultant de la fermentation de la séve d'agave, fourni par un hectare, renfermerait, d'après mes recherches, en alcool absolu :

Au minimum.	26hl
Au maximum.	56

	Sucre.
Dans le premier cas, on aurait, par hectare. .	4040kg
Dans le second cas.	8700
Moyenne	6370

Ce sucre est surtout de la saccharose, non pas du sucre interverti ; on l'extrait à l'état cristallin de la séve quand on ne la fait pas fermenter.

Que le sucrage soit opportun quand on l'applique à des vendanges qui donneraient des vins dépréciés à cause de leur verdeur et de leur pauvreté en alcool, cela est incontestable ; en dehors de ces conditions, il est douteux qu'il y ait avantage à y avoir recours. Les vins trop peu acides,

([1]) Parmentier, *Instruction sur les moyens de suppléer le sucre dans ses principaux usages* (*Annales de Chimie et de Physique*, 1re série, t. LXVIII, p. 106.

([2]) Boussingault, *Sur le pulque.* (*Agronomie, Chimie agricole et Physiologie*, 2e édition, t. IV, p. 19.)

assez aqueux pour ne tenir que $\frac{3}{100}$ à $\frac{4}{100}$ d'alcool, n'en deviendraient pas meilleurs : ils resteraient tout aussi plats, en devenant plus spiritueux; ils se rapprocheraient du produit de la fermentation d'un moût ne contenant autre chose que du sucre, du *guarapo* venant du vésou exprimé de la canne, boisson assez appréciée, mais n'ayant aucune des qualités qu'on rencontre dans le vin.

Je crois que l'abus du sucrage n'a jamais été poussé aussi loin que dans une opération exécutée il y a quelques années, avec une singulière assurance, en vue de quintupler le rendement d'une récolte; et, qu'on le remarque bien, il ne s'agissait pas d'améliorer un vin qui eût été défectueux. Voici le procédé, tel que je le trouve décrit dans une publication sérieuse :

« On a extrait de la cuve, aussitôt après le foulage des raisins ([1]), tout le liquide qui en a pu sortir librement. On en a obtenu un vin blanc légèrement teinté, très-fin et très-bon : on a eu, de la sorte, les trois quarts de ce qu'on aurait retiré si l'on avait pressuré le marc.

» Le moût non fermenté, écoulé, a été remplacé dans la cuve par un volume d'eau égal au sien, additionné de 18 kilogrammes de sucre blanc pour chaque hectolitre : il en est sorti 45 hectolitres; on ajouta 45 hectolitres d'eau sucrée : après avoir laissé fermenter sur marc pendant trois jours, on a retiré 50 hectolitres de vin rouge.

» Les 50 hectolitres de vin ont été remplacés dans la cuve par 55 hectolitres d'eau sucrée à raison de 22 kilogrammes par hectolitre : après fermentation, au bout de quarante-huit heures, on a retiré 55 hectolitres de vin, que l'on a remplacés par 55 hectolitres d'eau sucrée à raison de 25 kilogrammes par hectolitre. Deux jours après, on a retiré, en pressurant le marc, 60 hectolitres de

---

([1]) Pineau noir.

liquide. Le marc pressuré a été reporté dans la cuve avec 35 hectolitres d'eau sucrée; après fermentation, on a retiré 30 hectolitres de liquide.

« Le vin blanc naturel non cuvé, obtenu en premier lieu par le foulage, avait été mis dans des futailles, en ne les remplissant qu'à moitié. Douze heures après, le remplissage fut achevé avec de l'eau sucrée, dont on employa 45 hectolitres. »

En récapitulant les phases de l'opération, on trouve, pour l'eau ajoutée et le vin retiré :

Eau sucrée introduite.

		hl
1re addition		50
2e		55
3e		55
4e	sur le marc	35
5e	au vin de goutte	45
		240

Vins obtenus après le sucrage.

		hl
1er produit		50
2e »		55
3e »		60
4e	après addition d'eau sur le marc et pressurage	30
5e »	vin venant du foulage	90
		285

On voit qu'en faisant intervenir 240 hectolitres d'eau sucrée on a eu 285 hectolitres d'une cuvée de pineau rouge dont on aurait obtenu, sans cette intervention, on pourrait dire sans cette inondation, 60 hectolitres seulement.

Suivant l'inventeur, le vin préparé par la fermentation de l'eau sucrée sur le marc après l'écoulement du vin de goutte aurait été supérieur au vin naturel. Il est permis d'en

douter. On ne lui reprochait autre chose qu'une acidité trop faible. On est en droit de s'étonner qu'il ait encore manifesté une réaction acide après de semblables ablutions. Qu'on se procure ainsi une boisson d'une odeur vineuse, une tisane alcoolisée, c'est possible. Ce que je ne crois pas, c'est que l'eau puisse être changée en vin à moins, bien entendu, que ce ne soit par un miracle. Quoi qu'on ait dit, dans le produit de ce sucrage, les principes immédiats du raisin, tels que la crème de tartre, le tannin, l'arome étaient nécessairement noyés dans la masse énorme d'un liquide qui n'en contenait plus que des proportions trop minimes pour avoir la saveur, les propriétés hygiéniques qu'on estime dans le vin. En somme, par ce sucrage exagéré, on n'a dû faire autre chose qu'une sorte de piquette.

La *piquette*, le *revin* ou *buvande* est préparé dans les vignobles en jetant de l'eau sur le marc pressuré; et, depuis fort longtemps, on l'améliorait, en lui donnant plus de corps par l'adjonction de matières sucrées; autrefois c'était le miel ordinaire qu'on employait, 2 ou 3 livres pour 100 pintes de boisson et, dans quelques localités, pour en atténuer l'insipidité, on y mettait une certaine dose de crème de tartre.

Le sucrage, pour rehausser le degré alcoolique des vins, ou pour en atténuer la verdeur, n'a réellement sa raison d'être que lorsque les vendanges sont insuffisantes ou de qualité défectueuse; néanmoins, je remarque que, depuis l'année 1856, où l'on eut l'occasion très-motivée de l'appliquer en Alsace et dans le Palatinat, on continue à sucrer, non pas les moûts, quand ils n'en ont pas besoin, mais souvent les marcs des meilleurs raisins.

L'opération tend à se généraliser chez les cultivateurs, afin de se procurer une boisson alcoolique pouvant remplacer le cidre; ainsi, cette année 1875, où la récolte de la vigne n'a laissé rien à désirer sous le rapport de la quan-

tité et de la qualité, j'ai vu sucrer les marcs, ainsi qu'on le faisait précédemment dans des circonstances moins favorables, lorsqu'on ne préférait pas les distiller.

Afin d'être à même de juger la valeur du sucrage des marcs, j'ai institué une expérience sur des quantités assez limitées de matières pour qu'il fût possible de peser et de mesurer exactement. On opéra sur un pineau noir de Lampertsloch. Le raisin fut foulé le 25 septembre. La fermentation active était terminée le 30. On pressura.

On obtint 280 litres de vin rouge fortement coloré, d'une densité de 0,995, dans lequel on dosa

	Dans 1 litre pesant 999gr,50.	Dans 1000 grammes.
	gr	gr
Alcool en volume, 110 centimètres cubes, en poids.	87,42	87,46 [1]
Matières fixes.	20,00	20,10
Par différence, eau.	892,08	892,44
	999,50	1000,00

	kg
En sortant du pressoir, le marc pesait	69,75
Contenant, matières fixes	31,23
Par différence, eau et alcool (²)	38,52

Cette quantité d'eau et d'alcool, pour constituer du vin, exigeait :

	kg
Matières fixes.	0,76
	38,52
Vin resté dans le marc	39,28

	kg
Le poids du vin extrait par le pressurage étant, d'après la densité, de.	279,86
Vin retenu dans le marc	39,28
Vin contenu dans le moût fermenté.	319,14

dont les 0,12 n'avaient pas été extraits par le pressurage.

(¹) On a pris pour la densité de l'alcool absolu à + 15 : 0,7947.
(²) En négligeant les autres substances volatiles contenues dans le marc.

Sucrage du marc.

Sur les $69^{kg},75$ de marc pressuré, on versa 280 litres d'eau tenant en dissolution 45 kilogrammes de sucre raffiné.

La fermentation devint bientôt très-vive; quand elle cessa, on laissa écouler, puis on pressura.

On retira 294 litres d'un vin peu coloré, d'une densité de 1,000, dans lequel on dosa :

	Dans 1 litre pesant 1000 grammes.
	gr
Alcool, en volume 85 centimètres cubes, en poids.	67,55
Matières fixes	12
Par différence, eau.	920,45
	1000,00

	kg
Le marc a pesé	66,50
Il contenait, matières fixes	29,44
Par différence, eau et alcool	37,06

Cette quantité d'eau et d'alcool, pour constituer du vin, exigeait :

	kg
Matières fixes	0,44
	37,06
Vin resté dans le marc	37,50

C'est, à 1 kilogramme près, ce qu'avait retenu le marc du moût fermenté; on peut donc négliger le vin resté dans les marcs et rechercher l'alcool développé par les 45 kilogrammes de sucre que l'on a fait intervenir.

Ces 55 kilogrammes de sucre raffiné représentent $47^{kg},367$ de sucre de fruits, ou sucre interverti.

D'après l'équation



$$C^{12}H^{12}O^{12} = 2\,(C^4H^6O^2) + 4\,(CO^2),$$

1 kilogramme de sucre de fruits devrait donner $0^{kg},511$ d'alcool absolu.

Par conséquent, on aurait dû avoir, alcool, $24^{kg},21$, soit, en volume, $30^{lit},464$. Or, dans les 294 litres de vin retirés par le pressurage, il s'y trouvait, d'après l'analyse :

	lit
Alcool.	25,00
Alcool calculé.	30,45
Différence.	5,46

On aurait obtenu environ les $\frac{82}{100}$ de l'alcool théorique. Au reste, on sait, par les travaux de M. Pasteur, que, dans la fermentation, 1000 de sucre interverti ne rendent jamais 511 d'alcool, il en manque toujours quelques centièmes. Cela tient à ce que la levûre ne se borne pas à dédoubler le sucre en alcool et acide carbonique; il y a une production normale d'acide succinique, de glycérine, et, subsidiairement, par l'action de ferments, tels que le *mycoderma aceti*, le *mycoderma vini*, dont il est difficile d'empêcher l'action dans les moûts, il y a destruction, combustion d'alcool.

A cause des produits constants développés par la levûre, la quantité d'alcool obtenue est donc nécessairement inférieure à celle que devrait donner le sucre conformément à l'équation, et par l'intervention plus ou moins prononcée des ferments destructeurs, la différence est quelquefois considérable : c'est ce qu'a constaté M. Joseph Boussingault dans une suite de recherches sur la fermentation des fruits sucrés, pratiquée dans les conditions ordinaires.

Ainsi, en exprimant par 100 l'alcool absolu que devait fournir le sucre contenu dans le fruit mis à fermenter, on a retiré :

	Alcool.
Du raisin blanc de Lampertsloch.	91
» rouge »	91

	Alcool.
Des pommes à cidre	89
»	90
»	86
»	89
Des merises à kirsch	92
Des cerises noires	88
Des prunes mirabelles	48
»	71
Des prunes Zwetschen en nature	91
Du jus des prunes Zwetschen	94
Des myrtilles	78
Des sorbes du sorbier des oiseleurs	90
Du miel	91

Dans le sucrage du marc, le manquant en alcool n'a pas été plus fort que dans la fermentation de certains fruits. 1 kilogramme de sucre de canne a donné $\frac{25^{\text{lit}}}{45^{\text{kg}}} = 0^{\text{lit}},555$ d'alcool, au lieu de $0^{\text{lit}},677$ indiqué par la théorie.

En d'autres termes, pour obtenir 1 litre d'alcool absolu, le degré alcoolique des vins, il faudrait, d'après l'équation, $1^{\text{kg}},477$ de sucre; dans l'expérience, il en a fallu $1^{\text{kg}},802$, approchant du nombre 1,7 adopté par M. Dubrunfaut, mais qui s'éloigne notablement du nombre théorique. En comparant $1^{\text{kg}},477$ à $1^{\text{kg}},802$, on reconnaît qu'il y a eu $0^{\text{kg}},325$ de sucre, qui n'ont pas été représentés en alcool dans le produit de la fermentation, soit 18 pour 100. C'est une perte considérable en matière sucrée non utilisée, et que j'ai vue se reproduire dans une opération par laquelle on a préparé 30 hectolitres de vin de marc.

Dans certaines situations, le sucrage appliqué aux marcs peut avoir des avantages sur sa distillation. Le prix du sucre raffiné étant de $1^{\text{fr}},20$ le kilogramme, comme il l'est aujourd'hui, l'hectolitre revient à 18 francs.

La boisson était peu colorée; en en comparant la com-

position à celle obtenue du moût fermenté, on voit en quoi elle diffère du vin.

	Alcool en volume.	Alcool en poids.	Matières fixes.	Eau.	Acide par litre exprimé en acide sulfurique.
	cc	gr	gr	gr	
Vin du moût fermenté ..	110	87,42	20,00	892,58	5,21
Vin du sucrage du marc.	85	67,55	12,00	920,45	3,60
Différences...	−25	−19,87	−8,00	+27,87	−1,61

Le vin de marc était moins alcoolique; il ne contenait pas autant de matières fixes, partant moins de crème de tartre que le vin du moût. L'odeur vineuse y était moins prononcée; il manquait d'astringence, et ne renfermait pas autant d'acide; toutefois, la proportion était supérieure à celle qui s'y serait trouvée s'il n'y avait pas eu formation d'acide pendant la fermentation. Ainsi, après le pressurage, le marc employé retenait... $37^{lit},5$ de vin. ayant une acidité exprimée $195^{gr},38$.

On avait mis sur le marc, eau sucrée. 280 0

$317^{lit},5$

$$\text{Acide dans 1 litre} = \frac{195,38}{317,50} = 0^{gr},615$$

Dans le litre du vin de marc acide 3,600

Acide développé par litre....... 2,985

Cette acidité est inférieure à celle du vin naturel retiré du même raisin; mais il manque au vin de marc une grande partie des substances fixes, des principes aromatiques entrant dans la constitution du vin du moût; c'est néanmoins une boisson dont on tire un parti avantageux: pour beaucoup de personnes, elle est préférable au cidre; il convient, je crois, de la désigner sous le nom de *piquette alcoolisée;* elle ne diffère, en effet, de la piquette ordinaire que par une teneur plus élevée en alcool.

DE L'ACTION DU FROID SUR LE LAIT ET LES PRODUITS QU'ON EN TIRE;

PAR

M. Eug. TISSERAND.

De nombreuses recherches ont été déjà faites pour déterminer la composition chimique du lait des diverses espèces animales et fixer sa constitution physique.

L'objet de cette Note n'est pas de tracer l'historique de la question, mais de présenter quelques faits de nature à intéresser l'industrie rurale et plus particulièrement celle des cultivateurs qui s'occupent de la production du lait et de la conversion de ce produit en beurre ou en fromage.

I. Lorsque l'on soumet immédiatement après la traite, ou peu de temps après cette opération, le lait d'une vache à des températures différentes comprises entre zéro et 36 degrés et qu'on le maintient pendant vingt-quatre ou trente-six heures à la même température initiale, on constate les faits suivants :

1° La montée de la crème est d'autant plus rapide que la température à laquelle a été exposé le lait se rapproche plus de zéro.

2° Le volume de crème obtenu est plus grand lorsque le lait a été soumis à un plus fort refroidissement.

3° Le rendement en beurre est aussi plus considérable, quand le lait a été exposé à une température très-basse.

Enfin, 4° le lait écrémé, le beurre et le fromage sont de meilleure qualité dans ce dernier cas.

Pour démontrer l'exactitude de ces faits, il n'y a qu'à répéter l'une des nombreuses expériences faites, depuis plusieurs années, en France et dans le nord de l'Europe.

Le lait est, immédiatement après la traite, passé au tamis de crin, puis versé dans des éprouvettes graduées de façon à y occuper le même volume. Ces éprouvettes, placées dans des bains d'eau de températures constantes, mais différentes, sont observées à des intervalles de temps égaux, afin de constater les volumes de crème obtenus.

Voici quelques-uns des faits que nous avons constatés.

EXPÉRIENCES FAITES EN HIVER.

Expérience sur le lait d'une vache bretonne à la fin du mois de novembre.

Trois éprouvettes ont reçu chacune 200 centimètres cubes de lait de la traite du matin : l'éprouvette n° 1 a été placée dans un bain d'eau maintenu à la température de 22 degrés C.; l'éprouvette n° 2 dans un bain à 15 degrés C., et la troisième dans un bain dont la température était de 2 degrés.

Les volumes de crème obtenus dans chacune de ces éprouvettes sont consignés dans le tableau ci-contre :

HEURES D'OBSERVATIONS.	VOLUMES DE CRÈME OBTENUS DE 200^{cc} DE LAIT maintenus aux températures de		
	22° C. éprouvette n° 1.	15° C. éprouvette n° 2.	2° C. éprouvette n° 3.
	cc	cc	cc
Après 1 heure de repos..	4 (1)	7	29
» 2 heures de repos..	5	11	25,5
» 3 »	6 (2)	12,5 (2)	24
» 4 »	7	12,5	22
» 5 »	7	12,25	21,5
» 6 »	7,25	12	20,5
» 7 »	7,5	12	20,5
» 8 »	7,5	12	20
» 9 »	7,5	12	20
» 13 »	10	12	19
» 24 »	11,5 (3)	13 (3)	17,5
» 27 »	11,5	14	17,5
» 28 »	11,5	14	17,5
» 29 »	11,5	14	17,5
» 30 »	11	13	17,5
» 31 »	11	13	17,5
» 32 »	11,5	13,75	17,5
» 33 »	11,5	13,75	17,5
» 36 »	11	13,5	17
» 48 »	11	13	17
» 52 »	11	12,3	17

(1) La séparation de la crème n'est pas bien marquée dans les éprouvettes nos 1 et 2; elle est très-nette dans l'éprouvette n° 3.
(2) La couche de crème est nettement marquée dans les éprouvettes nos 1 et 2.
(3) Pendant la nuit, la température des éprouvettes 1 et 2 est descendue, la première à 16 degrés, la seconde à 12 degrés; le matin, la température a été ramenée à la température initiale.

EXPÉRIENCES FAITES AU PRINTEMPS.

Dans une autre série d'expériences, que nous résumons, nous avons obtenu, après *dix heures de repos,* les quantités de crème qui suivent :

plus de beurre. Il résulte, en effet, d'une analyse que nous devons à l'obligeance de M. Roussille, l'habile et zélé professeur de Chimie à l'École d'Agriculture de Grandjouan, que 100 parties de lait écrémé provenant de l'éprouvette n° I, maintenus pendant cinquante-deux heures à la température de 22 degrés, renfermaient 0,944 de matières grasses, tandis que le lait écrémé de l'éprouvette maintenue pendant le même temps à 15 degrés en contenait 0,760, et celui qui a été soumis à la température de 2 degrés 0,292.

La crème a enlevé au lait :

Dans le premier cas....	79,02	pour 100 de sa matière grasse.
Dans le deuxième cas..	83,11	»
Dans le troisième cas...	93,51	»

Ce résultat a été corroboré par une expérience directe dans une série d'observations faites avec le lait d'une même vacherie; il a été constaté qu'il fallait, pour avoir 1 kilogramme de beurre,

De 21 à 22 litres de lait refroidi et maintenu à	2°	pendant 13 heures	
23 à 24	»	4	»
25	»	6	»
25 à 26 ½	»	9	»
27 à 28	»	11	»
28 à 32	»	14	»
34 à 36	»	22	»

En moyenne, le lait refroidi à 3 ou 4 degrés donnerait 10 pour 100 de beurre en plus que le lait conservé pour l'écrémage à 14 degrés et au-dessus.

M. Dahl, directeur de l'École d'Agriculture d'As, en Norvége, nous a rapporté avoir obtenu, d'une expérience faite en grand, avec la crème de 3204 litres de lait maintenu pendant trente-six heures à la température de 3 à 4 degrés C., 121kg,800 de beurre, soit 1 kilogramme

de beurre par 26 $\frac{1}{2}$ litres de lait, tandis que 862 $\frac{1}{3}$ litres de lait de même provenance, mais tenus à la température de 18 degrés C., ne lui ont donné que 30 $\frac{1}{2}$ kilogrammes ou 1 kilogramme par 28 $\frac{1}{3}$ litres de lait.

L'écart de rendement eût été encore plus grand si, au lieu de laisser le lait crémer trente-six heures et quarante-huit heures, on l'eût écrémé après vingt-quatre heures et surtout après douze heures, comme le permet le refroidissement ([1]).

L'action du froid sur la qualité du lait et des produits qui en dérivent n'est pas moins remarquable; on sait déjà que, pour empêcher le lait de *tourner* pendant les chaleurs, l'un des meilleurs moyens consiste à le refroidir avec de la glace; pour lui faire parcourir de grandes distances sans altérer ses qualités et son goût, en vue de l'approvisionnement des villes, le refroidissement est encore l'un des plus efficaces procédés.

L'examen des éprouvettes de la première série de nos expériences révèle ce qui se passe pour la crème et pour la caséine quand le lait est soumis à des températures différentes.

Au bout de cinquante-deux heures, la crème de l'éprouvette n° 3 (refroidie à 2 degrés) était restée parfaitement douce, d'un goût fin et agréable; elle était de consistance légère, fluide et avait le parfum des crèmes de premier choix; sa couleur était blanche, avec une légère nuance rosée. La crème formée pendant les douze premières heures est si légère qu'une simple agitation avec une ba-

---

([1]) M. Dahl, dans une autre expérience faite sur 144 kilogrammes de lait refroidi et maintenu à 4 degrés C., a tiré

5^{kg},300 de beurre de la crème levée au bout des douze premières heures,
0,170 de beurre de la crème levée douze heures plus tard,
0,060 de beurre de la crème levée douze autres heures plus tard,

c'est-à-dire au bout de trente-six heures.

guette suffit pour l'émulsionner de nouveau et reconstituer un lait pur, ayant toutes les qualités du lait frais. Le lait de l'éprouvette n° 2, qui a été exposée à la température de 15 degrés, a donné une crème moins légère, moins fluide, mais aussi moins fine et moins délicate au goût; à la trente-sixième heure d'observation, elle était aigre et il s'en échappait une légère odeur de rance qui n'a fait qu'augmenter jusqu'à la fin de l'expérience : sa couleur était jaunâtre.

La crème de l'éprouvette n° 1 (à 22 degrés) était épaisse; à la douzième heure d'observation, il s'en dégageait déjà une odeur désagréable; au bout de vingt-quatre heures, elle présentait les caractères d'une vieille crème; à la trente-sixième heure, sa saveur était piquante et amère, et son odeur infecte; à la fin de l'expérience, sa consistance était butyreuse et sa couleur jaune sale; elle présentait à sa surface une pellicule pâteuse formant un ménisque concave très-prononcé.

Quant au lait sous-jacent à la colonne de crème, et qui n'était autre que du lait privé de sa crème, il était resté dans l'éprouvette n° 3 (à 2 degrés) d'excellente qualité; sa couleur était d'un beau blanc opalescent, sa saveur exquise; il était agréable à boire à ce point qu'on ne l'aurait pas cru écrémé. Le lait des éprouvettes maintenues aux températures de 15 et 22 degrés était aussi d'une couleur opalescente, mais la nuance n'était plus la même que dans le premier cas; elle était un peu terne, moins translucide; le goût de ce lait était aigre et peu agréable; au bout de trente heures, il s'en dégageait, surtout du lait maintenu à 22 degrés, une odeur repoussante qui rappelait celle du lait avarié.

Dans la deuxième série de nos expériences (en été), le lait des éprouvettes 1, 2 et 3 était resté doux; au bout de vingt-quatre heures, il était encore excellent, tandis que celui des éprouvettes exposées à 16 et à 30 degrés était

devenu aigre et s'était coagulé ; dans la première éprouvette (16 degrés), au bout de dix heures, et dans la deuxième (30 degrés), au bout de six heures : le temps, il est vrai, était lourd, très-chaud et orageux.

Toutes les autres expériences nous ont donné des résultats analogues.

Enfin le beurre provenant de la crème du lait fortement refroidi a toujours été trouvé plus fin, plus délicat et d'une consistance plus ferme, tout en étant plus onctueux au toucher que le beurre prevenant de la crème de lait non refroidi ou insuffisamment refroidi (13 à 20 degrés). Il jouit surtout d'une propriété qui doit le faire rechercher par les ménagères, celui de se conserver frais plus longtemps ([1]). Le *fromage maigre* participe aussi à ces avantages ; celui qui provient du lait énergiquement refroidi ou simplement abaissé à la température de 4 à 6 degrés est d'une qualité supérieure ; il fermente plus régulièrement, se fait mieux et le goût en est plus fin.

II. *Examen microscopique du lait.* — Ces divers faits, déduits de très-nombreuses expériences, sont faciles à expliquer : lorsque l'on examine en effet une goutte de lait de vache au microscope, on constate qu'elle est formée d'une multitude de globules flottant dans un liquide transparent : ces globules sont la matière grasse du lait, et le liquide le sérum. Ces globules ne sont pas tous de la même dimension ; on en voit dont le diamètre est de $0^{mm},01$, d'autres ont $0^{mm},005$, les plus petits mesurent à peine $0^{mm},0016$ de diamètre ; ces derniers sont de beaucoup les

([1]) Les laiteries des environs de Copenhague (Danemark), qui refroidissent leur lait à 6 ou 7 degrés et barattent la crème obtenue ainsi à 10 degrés C., fournissent un beurre non-seulement remarquable par sa finesse et faisant prime sur le marché, mais encore susceptible de se transporter aux plus grandes distances et de passer l'équateur sans altération ; ce serait le seul qui arriverait actuellement en parfait état en Chine et au Japon.

plus nombreux : pour 10 gros globules, nous avons compté 36 globules moyens et 119 petits. La quantité de globules en suspension dans le lait est telle qu'il n'y en a pas moins de 450 000 de toutes grandeurs dans une goutte de lait de 1 milligramme et leur poids varie de $0^{mg},00000049$ à $0^{mg},0000000165$. Ils présentent d'assez grands intervalles entre eux : réunis et serrés les uns contre les autres, les globules du lait n'occupent que de 7 à 8 pour 100 du volume total du lait dans lequel ils flottent, comme on peut aisément le calculer.

Les globules n'ont pas la même densité que le lait ; cette densité est inférieure à celle de l'eau, elle est comprise entre 0,94 et 0,95, tandis que celle du sérum est un peu supérieure à celle de l'eau ; enfin les globules du lait ont une consistance huileuse à la température de 36 degrés ; à 18 degrés, ils sont mous ; à 12 degrés, ils commencent à durcir.

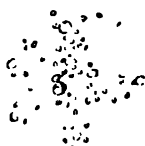
Quand le lait est laissé en repos pendant un temps suffisant, les globules montent à sa surface en vertu de la différence de leur densité avec celle du sérum ; leur force ascensionnelle est évidemment d'autant plus grande que l'écart entre leur densité et celle du sérum est plus fort, et la vitesse d'ascension croît uniformément avec l'espace parcouru suivant la loi de la chute des corps ; le mouvement de bas en haut du globule est uniformément accéléré. Or, quand le lait est soumis à une température très-basse, le sérum se contracte et sa densité augmente ; les globules, de leur côté, durcissent, et le microscope n'indique pas de changement appréciable dans leur volume ; leur force ascensionnelle augmente par le fait, et la vitesse du mouvement de bas en haut augmente à chaque instant pendant le trajet parcouru : les gros globules montent les premiers, repoussant devant eux les petits globules et entraînant même une certaine masse de matière caséeuse qui s'en séparera ensuite par un repos prolongé ; les moyens et les

petits globules ne tardent pas eux-mêmes à prendre part au mouvement ascensionnel. De là : 1° montée immédiate de la crème pendant la première heure avec un fort refroidissement, et 2° diminution de volume pendant les quelques heures qui suivent; de là encore, comme application, utilité d'avoir recours à des vases à crémer en métal, c'est-à-dire bons conducteurs de la chaleur, afin que le lait prenne le plus rapidement possible la température du bain.

L'examen microscopique du lait écrémé prouve bien d'ailleurs que les choses se passent ainsi et concorde avec les données de l'analyse; le microscope nous montre en effet qu'il reste encore beaucoup de globules de toutes dimensions dans le lait écrémé des éprouvettes qui n'ont pas été refroidies, tandis qu'il n'y en a plus qu'un petit nombre dans le lait écrémé provenant des éprouvettes soumises à une basse température. Les gros globules ne s'y voient plus ou sont très-rares; on n'en trouve plus que de petits. Les dessins ci-dessous représentent les aspects qu'offraient



(22°)



(15°)



(2°)

dans le champ du microscope les laits écrémés des éprouvettes 1, 2 et 3 de la première série des expériences rapportées plus haut.

III. *Détermination du maximum de densité du lait.* — Si le sérum du lait se comportait comme l'eau, ce serait évidemment à 4 degrés qu'il conviendrait de refroidir le lait pour obtenir la montée la plus rapide et la plus abon-

dante de crème, mais les expériences citées plus haut montrent qu'il n'en est pas ainsi, puisqu'à 2 degrés la séparation est plus complète qu'à 4 degrés.

Ce fait nous a conduit à rechercher la température à laquelle correspond le maximum de densité de la partie liquide du lait; pour faire cette détermination, j'ai encore eu recours à l'obligeance de M. Roussille, qui a bien voulu se charger des détails de l'expérience. Un petit ballon muni d'un tube de verre engagé dans son col à l'aide d'un bouchon a été rempli de lait pur à 22 degrés jusqu'à l'orifice supérieur du tube. L'appareil a été ensuite placé dans un bain d'eau à 7 degrés qu'on a refroidi progressivement et de façon que le lait qu'il contenait prît la température du bain : la colonne liquide contenue dans le tube a baissé par suite de la contraction du lait; la baisse a été rapide d'abord, puis plus lente :

Entre 6° et 5°	la contraction apparente a été de	0cc,0707
Entre 5 et 4	»	0,06363
Entre 1 et 3	»	0,03535
Entre 3 et 2	»	0,02828
Entre 2 et 1	»	0,02121
Entre 1 et 0	»	0,02121

Le ballon, ayant été maintenu pendant quelque temps à zéro, fut ensuite enlevé du bain et placé immédiatement dans un mélange réfrigérant de sel et de glace. Au bout de quelques secondes le lait est remonté avec une grande vitesse dans le tube et a fini par se déverser par son orifice supérieur. A ce moment la température du lait au centre du ballon était de — 0°,3; sur sa paroi interne, il s'était formé une pellicule de glace qui n'avait pas $\frac{1}{2}$ millimètre d'épaisseur.

La capacité du ballon à la température de 4 degrés a été trouvée de 137cc,577; le coefficient de dilatation cubique

du verre étant de 0,0000276, la capacité du ballon était donc :

A 22 degrés.............	$137^{cc},645$
A zéro..................	137,561
Différence.....	0,084

La hauteur du tube de l'appareil vidé par contraction a été de $0^m,140$ et, l'aire intérieure de ce tube étant de $0^{cq},0707$, il s'ensuit que le volume du vide apparent dû à la contraction a été de................ $0^{cc},990$

Le volume du vide dû à la contraction du verre étant de........................	0 ,084
La contraction totale du lait a été de.....	$1^{cc},074$

Par conséquent $137^{cc},645$, à la température de 22 degrés, sont devenus à la température de zéro $136^{cc},571$, ou, si l'on veut, 1 de lait à zéro devient 1,00786 à 22 degrés.

Dans les mêmes conditions, Depretz a trouvé que 1 volume d'eau à 4 degrés devient 1,0001269 à zéro et 1,00222 à 22 degrés; il résulte de cette expérience que le maximum de densité du lait pur est situé un peu au-dessous de zéro à — 0,3 environ et que son coefficient moyen de dilatation cubique entre zéro et 22 degrés est de 0,0003572727.

Cette détermination prouve que, pour obtenir le maximum d'effet par le refroidissement du lait, il faut se rapprocher le plus possible de zéro.

IV. *Qualité des produits.* — En ce qui concerne la qualité qu'acquièrent le lait, le beurre et la caséine par le traitement du lait à basse température, nos expériences ne sauraient évidemment en donner l'explication : les belles découvertes de M. Pasteur sur les ferments, sur leur origine, sur les circonstances qui favorisent ou arrêtent leur développement, sur les altérations qu'ils produisent dans les milieux où ils se trouvent, nous semblent

avoir ici leur application. Il est assez probable, ainsi que nous le faisait remarquer M. Boussingault, que le refroidissement énergique arrête l'évolution des organismes vivants qui constituent les ferments et empêche de se produire les altérations dues à leur action : ce traitement déterminerait dans le lait des effets analogues à ceux qui se manifestent dans la fabrication et la conservation, à basse température, de la bière de Vienne, si remarquable par sa qualité; il y a là au reste un vaste champ de recherches à explorer : nous n'avons voulu que l'indiquer pour le moment.

Quoi qu'il en soit, les faits qui précèdent suffisent pour démontrer combien sont erronées les idées qui ont cours en France sur l'écrémage du lait et sur la fabrication du beurre, à savoir qu'il faut tenir le lait destiné à être écrémé à la température de 12 à 14 degrés et ne pas aller au-dessous de cette température, parce qu'alors la crème monte mal, etc., etc.; les applications à en tirer sont nombreuses : elles se déduisent d'ailleurs assez d'elles-mêmes pour que nous n'ayons pas à y insister.

Le lait de nos vaches est généralement d'une qualité supérieure; mais, à l'exception de quelques départements, on n'en tire presque partout que des beurres plus ou moins défectueux à conserver. Pour avoir des produits supérieurs, il faut réaliser deux conditions : une propreté extrême et le traitement du lait par le froid.

On conçoit ce qu'une amélioration, même légère, dans une industrie dont la production annuelle est de 1 milliard et demi de francs, et l'exportation en beurre de près de 100 millions de francs, présenterait d'avantages pour notre agriculture. Nous avons à nos portes un vaste marché qui ne demande qu'à recevoir et à consommer le double ou le triple de ce que nous lui envoyons, et à en payer la qualité.

On a déjà reconnu dans le nord de l'Europe, ainsi que

je l'ai dit dans une précédente Communication ([1]), qu'il fallait abandonner les anciennes pratiques : on y a été amené à refroidir le lait à 8 et 6 degrés, à l'aide de grands bassins remplis d'eau de source et même au moyen de glace ([2]). Ce n'est pas un refroidissement suffisant encore, comme le démontrent nos expériences, mais c'est déjà un progrès qui a eu les plus heureuses conséquences en étendant jusqu'à l'extrême Orient la zone d'exportation des beurres préparés en Danemark de cette façon, en augmentant le prix de ce produit et du fromage maigre, et en les faisant rechercher de plus en plus sur les marchés étrangers. Cette réforme a permis, d'autre part, de diminuer les frais de production en réduisant les frais de main-d'œuvre (il y a un écrémage en moins et l'emploi de grands brocs de 50 litres rend les lavages plus expéditifs), en supprimant les installations coûteuses de calorifères, la dépense de combustible en hiver, et les frais assez dispendieux pour l'achat et l'entretien d'un nombre considérable de petits vases à crémer.

Nous ne devons pas nous complaire dans notre situation

([1]) *Comptes rendus des séances de la Société centrale d'Agriculture de France*, 1874, n° 12.

([2]) Voici comment on opère dans une des meilleures fermes danoises, qui refroidit son lait à 6 degrés. Le lait est immédiatement après la traite versé dans des brocs en fer-blanc étamé de $0^m,55$ de hauteur sur $0^m,45$ de diamètre. Ces vases sont placés dans un réservoir rempli d'eau de source à 6 degrés, sans cesse renouvelée par un courant qui arrive de la source même. Au bout de douze heures, on fait le premier écrémage, et au bout de vingt-quatre le deuxième. La crème est mise dans des pots de grès et exposée à une température de 14 à 15 degrés. Au bout de vingt-quatre à trente heures, elle a une réaction acide et est bonne à battre. Avant le barattage, on la refroidit à 10 degrés C., et on la bat. Le beurre est obtenu en quarante-cinq à cinquante-cinq minutes. Pour obtenir le beurre avec la crème froide, il faut que le batteur marche très-vite; au lieu de quatre-vingts tours à la minute, il en fait cent vingt et cent trente; par suite la température s'élève graduellement dans la baratte et atteint 14 à 15 degrés C. à la fin de l'opération.

et nos succès présents. A côté de nous, on travaille : il faut suivre la même voie si nous voulons développer notre industrie laitière et ne pas nous laisser distancer; le traitement du lait à basse température y est tout aussi facile qu'ailleurs, il y sera tout aussi économique et avantageux: il n'y a qu'à utiliser dans ce but les eaux de source et de puits les plus froides, et à se servir de la glace quand on a besoin de les refroidir en été au degré convenable. L'emmagasinement de la glace constitue sans doute une dépense, mais celle-ci est minime; la glace se recueille à un moment où les travaux de la campagne sont considérablement ralentis et où les loisirs sont longs dans les fermes; on peut, d'autre part, se servir de silos, peu coûteux, comme cela se pratique dans les exploitations du nord de l'Europe. Ce n'est jamais d'ailleurs le travail qui a fait reculer nos laborieuses populations rurales quand on leur a signalé une sérieuse amélioration à réaliser.

INFLUENCE

DE

LA TERRE VÉGÉTALE

SUR

LA NITRIFICATION DES MATIÈRES ORGANIQUES AZOTÉES

EMPLOYÉES COMME ENGRAIS.

Les substances azotées d'origine organique, quand elles sont disséminées dans des mélanges terreux analogues à ceux qui constituent la terre végétale, donnent lieu à une production de nitrates. C'est ce que l'on constate dans les nitrières naturelles ou artificielles, dans les sols cultivés où l'on incorpore du fumier. Dans tous les cas, la nitrification est lente; elle n'a lieu qu'autant qu'il y a présence d'oxygène et une humectation convenable. Des recherches antérieures ont établi que l'azote de l'atmosphère ne concourt pas directement à la formation des composés nitrés. Ainsi, une terre végétale, après avoir été confinée pendant onze ans dans un grand volume d'air qu'on ne renouvelait pas, a été fortement salpétrée, mais la quantité totale d'azote, dosée au commencement et à la fin de l'observation, n'a pas changé sensiblement; les analyses parurent même indiquer qu'elle était un peu moindre dans la terre salpétrée; ce qui, au reste, est conforme à ce que MM. Lawes, Gilbert et Pugh ont reconnu [1].

---

[1] *Agronomie, Chimie agricole et Physiologie*, 2e édit., t. V, p. 321.

Pour étudier comparativement l'influence que la terre végétale et deux de ses principaux éléments exercent sur la nitrification des matières organiques azotées, voici comment on a procédé.

Le mélange de chaque substance avec le sable, avec la craie, avec la terre végétale, ou de la terre seule prise comme terme de comparaison, était introduit dans un flacon d'une capacité de 10 litres, après avoir été humecté avec un volume d'eau distillée bien inférieur à celui qui eût été nécessaire pour arriver au maximum d'imbibition. Cette disposition est indispensable, parce que, dans une terre très-humide, non-seulement il n'y a plus de nitrification, mais destruction des nitrates préexistants [1]. On

---

[1] Je mentionnerai ici quelques expériences établissant que, dans une terre végétale humectée au delà du maximum d'imbibition, il y a destruction de nitrates, et que, par conséquent, il ne saurait y avoir nitrification.

Ces recherches furent provoquées par cette opinion d'un agronome distingué, que, sous l'action d'un excès d'humidité, l'azote de l'acide constituant des nitrates était transformé en ammoniaque, de sorte que, pour un équivalent d'acide nitrique détruit, apparaissait un équivalent d'alcali volatil; d'où la conséquence que, par la disparition des nitrates, la fertilité du sol n'était pas atteinte, l'azote assimilable persistant dans la terre sous un autre état. On verra, par ce qui va suivre, que cette hypothèse n'est aucunement fondée.

Dans 1 kilogramme de terre séchée à l'air et à l'ombre, on dosait les nitrates et l'ammoniaque, puis on mouillait avec 600 grammes d'eau; la boue assez fluide résultant du mélange était mise dans un flacon ouvert. Après un certain temps, on dosait de nouveau les nitrates et l'ammoniaque.

I. — *Terre prise dans un champ de tabac, à la ferme de Merckwiller, en Alsace.*

		Acide nitrique.		Ammoniaque.
		gr		gr
Dans 1000 grammes de terre, 22 mai, dosé....		0,203		0,011
Après immersion, 6 juin....................		0,000		0,022
	Perdu.....	0,203	Acquis	0,011

L'acide disparu aurait pu former $0^{gr},064$ d'ammoniaque; on a trouvé qu'il s'en est produit $0^{gr},011$.

(Voir ci-contre la suite de la note.)

rassemblait la matière en un talus sur la paroi du vase;

II. — *Terre prélevée dans un parc des environs de Paris.*

	Acide nitrique.		Ammoniaque.
	gr		gr
Dans 1000 grammes de terre, 19 juin, dosé....	0,075		0,007
Après immersion, 5 juillet	0,004		0,010
Perdu.....	0,071	Acquis	0,003

L'acide disparu aurait pu former 0gr,020 d'ammoniaque; il s'en est produit 0gr,003.

III.— *Terre prise dans le jardin du Conservatoire des arts et métiers.*

Sol calcaire, riche en humus:

	Acide nitrique.		Ammoniaque.
	gr		gr
Dans 1000 grammes de terre, 19 juin, dosé ...	0,610		0,006
Après immersion, 5 juillet	0,458		0,008
Perdu.....	0,152	Acquis	0,002

L'acide disparu aurait pu former 0gr,048 d'ammoniaque; il s'en est produit 0gr,002.

IV. — *Terre prise dans un potager, en Alsace.*

Sol sablonneux, fortement fumé :

	Acide nitrique.		Ammoniaque.
	gr		gr
Dans 1000 grammes de terre, 8 août, dosé	0,658		0,026
Après immersion, 12 septembre........... ..	0,324		0,020
Perdu.....	0,334	Perdu	0,006

Il n'y a pas eu formation d'ammoniaque. L'acide nitrique disparu aurait pu en produire 0gr,105.

Je n'ai pas rencontré de nitrates dans les terres tourbeuses des houblonnières de la plaine de Haguenau, en Alsace.

La tourbe semble, en effet, décomposer activement les nitrates.

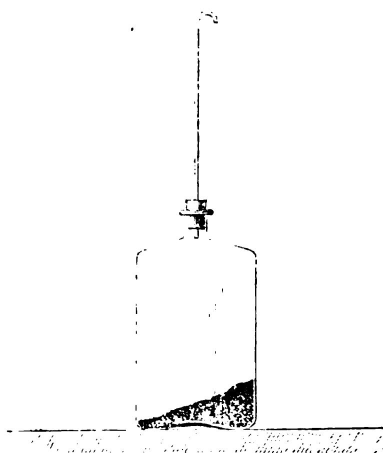
V. — *Tourbe employée comme combustible.*

	Acide nitrique.		Ammoniaque.
10 grammes pulvérisés et mouillés avec 40 grammes d'eau, 22 mai, dosé	gr 0,000		gr 0,0036
On ajoute : nitrate de potasse 0gr,1, acide.....	0,053		
22 mai, tourbe mouillée contenait acide	0,0533		0,0036
6 juin, dosé..............................	0,0361		0,0098
Disparu.....	0,0172	Acquis	0,0062

L'acide disparu aurait pu former 0gr,0054 d'ammoniaque; on en a trouvé 0gr,006, à peu près ce qu'indique la théorie.

puis on fermait avec un bouchon traversé par un tube d'une longueur de 45 centimètres, de 5 millimètres de diamètre, courbé à sa partie supérieure (*fig.* 1); on assurait ainsi une communication constante avec l'atmosphère extérieure, tout en atténuant l'évaporation.

Fig. 1.



Les flacons ont été placés sur une tablette, dans une chambre éclairée à l'ouest, en juin 1860. On n'y a plus touché, si ce n'est en juin 1863, pour y verser de l'eau, afin de remplacer en partie celle qui s'était dissipée. En juillet 1865, c'est-à-dire cinq ans après la mise en expérience, les mélanges ont été pesés et examinés.

Les substances organiques avaient été réparties :

1° Dans du sable blanc de Fontainebleau, préalablement lavé et calciné;

2° Dans de la craie de Meudon lavée et séchée à l'étuve;

3° Dans de la terre végétale argilo-siliceuse renfermant moins de 0,02 de calcaire.

Les substances organiques étaient :

	Azote.
Paille de froment contenant	0,004
Tourteau de colza	0,049
Os en poudre, préparés pour engrais	0,050
Os torréfiés au brun	0,080
Râpure de corne	0,144
Chiffons de laine	0,140
Chair de cheval desséchée des abattoirs d'Aubervilliers.	0,132
Sang de cheval desséché, d'Aubervilliers	0,122

La composition, les propriétés physiques des bases minérales du sol exercent, sans aucun doute, de l'influence sur les progrès, sur l'intensité de la nitrification; ainsi l'on croit généralement qu'elle s'accomplit mieux dans une terre calcaire que dans une terre argileuse plus ou moins plastique que dans une terre sablonneuse. On en suit les progrès, mais sans pouvoir assigner nettement la part d'activité attribuable à chacun des éléments en présence : on se borne à reconnaître leur action collective. C'est la conséquence de la constitution complexe des terrains en culture, ou des matériaux que rassemblent les salpêtriers pour former une nitrière. Dans les deux cas, l'argile, le sable, le calcaire, se trouvent en contact avec des débris de végétaux, des déjections d'animaux, des fumiers, de l'humus encore si mal connu, mais qui est incontestablement un puissant agent de fertilité.

C'est pour apprécier isolément l'influence du sable et du calcaire, deux éléments importants des sols cultivés, en la comparant à celle exercée par une terre végétale bien constituée, que les expériences ont été entreprises dans les conditions que je viens d'indiquer.

En 1865, on a dosé, dans chacun des mélanges, les nitrates et l'ammoniaque; et comme, en définitive, les dosages devaient porter sur de faibles proportions d'acide nitrique et d'alcali, il fallait, pour éviter de multiplier les

erreurs d'analyses, opérer, non pas sur de petites fractions des matières employées, mais, autant que possible, sur la totalité, ou tout au moins sur la moitié. Il en est résulté l'obligation de restreindre le poids des substances mises à nitrifier.

§ I. — *Sable pris pour excipient des matières organiques.*

I. Sable....................	gr 100	
Paille de froment...........	1	tenant azote $0^{gr},004$
Eau : 1re addition (1860).....	12	
» 2e addition (1863).....	5	
	118	
Poids du mélange (juillet 1865).	103,5	
Différence..........	14,5	

Dosé : acide nitrique, 0^{gr}; ammoniaque, 0^{gr}.

Il n'y avait pas eu de nitrification. La paille mêlée au sable, en petits fragments, n'était plus visible. On pouvait objecter l'absence de matières alcalines ou terreuses nécessaires à la constitution des nitrates. Cependant 1 gramme de paille contient $0^{gr},07$ de substances minérales, renfermant assez de potasse, de chaux, de magnésie pour retenir l'acide nitrique qu'aurait pu produire $0^{gr},004$ d'azote.

II. Sable.....................	gr 100	
Tourteau de colza..........	2	tenant azote $0^{gr},098$
Eau : 1re addition.........	12	
» 2e addition..........	5	
	119	
Poids du mélange (juillet 1865).	103	
Différence.........	16	

Dosé : ac. nitrique, 0^{gr}; ammoniaque, $0^{gr},011$; azote, $0^{gr},0091$, les 0,09 de l'azote entrant dans le tourteau.

III.	Sable	100gr	
	Os en poudre	2	tenant azote 0gr,100
	Eau : 1re addition	12	
	» 2e addition	5	
		119	
	Poids du mélange en 1865	104	
	Différence	15	

Dosé : Acide nitrique, 0gr,0980, contenant azote 0gr,0254
Ammoniaque, 0,0042 » 0,0035
Azote total.......... 0,0289

les 0,29 de l'azote entrant dans les os en poudre.

IV.	Sable	100gr	
	Os torréfiés	2	tenant azote 0gr,16
	Eau : 1re addition	12	
	» 2e addition	5	
		119	
	Poids du mélange en 1865	104	
	Différence	15	

Dosé : acide nitrique, traces; ammoniaque, 0gr,0021, contenant azote 0gr,00173, le 0,01 de l'azote des os torréfiés.

Les os torréfiés au *roux* n'ont produit qu'une trace d'acide nitrique; ces os avaient été obtenus en les chauffant dans des brûloirs en tôle, avant de les moudre. Cette préparation n'a pas répondu à l'attente de l'inventeur; la torréfaction paraîtrait avoir entravé la décomposition de la matière organique.

V.	Sable	100gr	
	Râpure de corne	1	tenant azote 0gr,144
	Eau : 1re addition	12	
	» 2e addition	5	
		118	
	Poids du mélange en 1865	105	
	Différence	13	

Dosé : acide nitrique, traces; ammoniaque, $0^{gr},0152$, contenant azote $0^{gr},0125$, les 0,087 de l'azote entrant dans la corne.

VI. Sable	100 gr	
Chiffons de laine . . .	1	tenant azote $0^{gr},140$
Eau : 1re addition . .	12	
» 2e addition . .	5	
	118	
Mélange pesait en 1865.	106	
Différence	12	

Dosé : acide nitrique, traces; ammoniaque, $0^{gr},007$, contenant azote $0^{gr},0058$, les $0^{gr},04$ de l'azote entrant dans la laine.

VII. Sable	100 gr	
Chair de cheval sèche	1	tenant azote $0^{gr},132$
Eau : 1re addition . .	12	
» 2e addition . .	5	
	118	
Mélange pesait en 1865..	104	
Différence	14	

Dosé : acide nitrique, traces; ammoniaque, $0^{gr},006$, contenant azote $0^{gr},0049$, les 0,037 de l'azote entrant dans la chair.

VIII. Sable	100 gr	
Sang desséché.	1	tenant azote $0^{gr},122$
Eau : 1re addition . .	12	
» 2e addition . .	5	
	118	
Mélange pesait en 1865..	104	
Différence	14	

Dosé : acide nitrique, traces; ammoniaque, $0^{gr},006$, contenant azote $0^{gr},0049$, les 0,04 de l'azote entrant dans le sang desséché.

§ II. — *Craie prise pour excipient de la matière organique.*

IX. Craie	100^{gr}	
Paille de froment	1	tenant azote $0^{gr},004$
Eau : 1re addition	25	
» 2e addition	5	
	131	
Mélange pesait en 1865	117	
Différence	14	

Dosé : acide nitrique, traces; ammoniaque, $0^{gr},0025$, contenant azote $0^{gr},0021$, les 0,52 de l'azote entrant dans la paille; on n'apercevait plus de fibres ligneuses.

X. Craie	100^{gr}	
Tourteau de colza	2	tenant azote $0^{gr},098$
Eau : 1re addition	30	
» 2e addition	5	
	137	
Mélange pesait en 1865	116	
Différence	21	

Dosé : acide nitrique, traces; ammoniaque, $0^{gr},039$, contenant azote $0^{gr},032$, les 0,327 de l'azote du tourteau.

XI. Craie	100^{gr}	
Os en poudre	2	tenant azote $0^{gr},10$
Eau : 1re addition	25	
» 2e addition	5	
	132	
Mélange pesait en 1865	118	
Différence	14	

Dosé : acide nitrique, $0^{gr},0936$; azote $0^{gr},0242$; ammoniaque, $0^{gr},000$. L'acide nitrique formé renfermait les $0^{gr},24$ de l'azote des os.

Le mélange émettait l'odeur des moisissures; sur la paroi du flacon, en contact avec la matière, on remarquait une végétation cryptogamique d'un beau vert :

XII.	Craie.............	100 gr	
	Os torréfiés.......	2	tenant azote 0gr,160
	Eau : 1re addition...	25	
	» 2e addition...	5	
		132	
	Mélange pesait en 1865..	119	
	Différence.........	13	

Dosé : acide nitrique, 0gr,000; ammoniaque, 0gr,021, contenant azote 0gr,017, les 0,11 de l'azote des os torréfiés.

XIII.	Craie.............	100 gr	
	Râpure de corne....	1	tenant azote 0gr,144
	Eau : 1re addition...	25	
	» 2e addition...	5	
		131	
	Mélange pesait en 1865..	113	
	Différence.........	18	

Dosé : acide nitrique, traces; ammoniaque, 0gr,022, contenant azote 0gr,018, les 0,125 de l'azote de la corne.

Il ne s'était pas développé de végétation cryptogamique.

XIV.	Craie.............	100 gr	
	Chiffons de laine....	1	tenant azote 0gr,140
	Eau : 1re addition...	25	
	» 2e addition...	5	
		131	
	Mélange pesait en 1865..	115,5	
	Différence.........	15,5	

Dosé : acide nitrique, traces; ammoniaque, 0gr,027, contenant azote 0gr,0222, les 0,16 de l'azote de la laine.

XV. Craie	100 gr	
Chair desséchée	1	tenant azote 0gr,132
Eau : 1re addition	25	
» 2e addition	5	
	131	
Mélange pesait en 1865	115	
Différence	16	

Dosé : acide nitrique, traces; ammoniaque, 0gr,030, contenant azote 0gr,025, les 0,19 de l'azote de la chair desséchée.

XVI. Craie	100 gr	
Sang desséché	1	tenant azote 0gr,122
Eau : 1re addition	25	
» 2e addition	5	
Mélange pesait en 1865	116	
Différence	15	

Dosé : acide nitrique, traces; ammoniaque, 0gr,032, contenant azote 0gr,0264, les 0,22 de l'azote du sang desséché.

§ III. — *Terre végétale prise pour excipient des substances organiques.*

Dans la terre séchée à l'air, passée au crible pour en séparer le gravier et les débris de plantes, on a dosé, dans 100 parties :

Azote appartenant à des substances organiques, à l'humus	0,2090
Acide nitrique constituant des nitrates	0,0093
Ammoniaque	0,0011

Cette terre, d'un brun clair, acquérait une teinte brun foncé quand on l'humectait. Sa base minérale consistait en un mélange d'argile et de sable siliceux. Ainsi que toutes les terres fertiles, elle est nitrifiable; il convenait donc, pour les recherches qu'on avait en vue, d'apprécier la quantité de salpêtre qui s'y développerait spontanément.

XVII. Terre végétale	50 gr
Eau : 1re addition, en 1860	12
» 2e addition, en 1863	5
	67,0
En juillet 1865, la terre a pesé	55,0
Différence.	12,0

Dosé : acide nitrique.	0gr,0600	Ammoniaque . . .	0gr,0009
La terre contenait	0,0046		0,0006
Acquis, de 1860 à 1865, AzO^5	0.0554 = Az 0gr,0144	AzH^3	0,0003 = Az 0gr,000[illegible]

Dans les conditions où l'expérience a été faite, 0gr,0146 de l'azote appartenant aux matières organiques de la terre auraient concouru à la production de 0gr,0554 d'acide nitrique et de 0gr,0003 d'ammoniaque ; il y aura donc lieu, dans les observations dont je vais rendre compte, de considérer ces quantités d'acide et d'alcali comme des constantes.

XVIII. Terre végétale. . .	50 gr	
Paille de froment.	1,5	tenant azote 0gr,0020
Eau : 1re addition	12,0	
» 2e addition	5,0	
	67,5	
Mélange pesait en 1865	56,5	
Différence	11,0	

Dosé : acide nitrique	0gr,0700 ;	ammoniaque	0gr,0000	
Avant, la terre contenait	0,0046		0,0006	
Acquis	0,0654	Perdu	0,0006	
Production normale	0,0554		0,0003	
Formé, sous l'influence de la paille	0,0100	Az 0gr,0026	0,0003	= Az 0,00020

L'azote entrant dans l'acide et l'ammoniaque développés dépasse, comme on voit, l'azote contenu dans la paille. De l'azote de la terre est intervenu.

Dans la terre, on n'aperçoit plus de fibres ligneuses; il était apparu une faible végétation cryptogamique.

XIX. Terre végétale..	50gr	
Tourteau de colza	1	tenant azote 0gr,049
Eau : 1re addition	12	
» 2e addition	5	
	68	
Mélange pesait en 1865..	56	
Différence.....	12	

Dosé : Acide nitrique.	0gr,1630	Ammoniaque 0gr,0028
Avant, la terre contenait...........	0,0046	0,0006
Acquis....	0,1584	0,0022
Production normale.	0,0554	0,0003
Formé sous l'influence du tourteau.....	0,1030 = Az 0gr,0267	0,0019 = Az 0gr,0016

L'azote de l'acide et de l'ammoniaque, 0gr,0283, représenterait les 0,58 de l'azote du tourteau.

XX. Terre végétale..	50gr	
Os en poudre...	1	tenant azote 0gr,05
Eau : 1re addition	12	
» 2e addition	5	
	68	
Mélange pesait en 1865.	57	
Différence.....	11	

	Acide nitrique	Ammoniaque
Dosé :	$0^{gr},1192$	$0^{gr},0018$
Avant, la terre contenait	0,0046	0,0006
Acquis	0,1146	0,0012
Production normale	0,0554	0,0003
Formé sous l'influence des os	0,0592 = Az $0^{gr},0154$	0,0009 = Az $0^{gr},0007$

L'azote de l'acide et de l'ammoniaque développés représenterait les 0,32 de l'azote des os.

XXI. Terre végétale	50^{gr}	
Os torréfiés	1	tenant azote $0^{gr},08$
Eau : 1re addition	12	
» 2e addition	5	
	68	
Mélange pesait en 1865	57,5	
Différence	10,5	

	Acide nitrique	Ammoniaque
Dosé :	$0^{gr},1462$	$0^{gr},0020$
Avant, la terre contenait	0,0046	0,0006
Acquis	0,1446	0,0014
Production normale	0,0554	0,0003
Formé sous l'influence des os torréfiés	0,0892 = Az 0,0231	0,0011 = Az 0,0009

L'azote de l'acide et de l'ammoniaque représenterait les 0,30 de l'azote des os torréfiés.

XXII. Terre végétale	50^{gr}	
Râpure de corne	0,5	tenant azote $0^{gr},072$
Eau : 1re addition	12,0	
» 2e addition	5,0	
	67,5	
Mélange pesait en 1865	57,0	
Différence	10,5	

Dosé : Acide nitrique 0gr,3071 Ammoniaque 0gr,[illegible]

Avant, la terre contenait......... ..	0,0046	[illegible]
Acquis............	0,3025	[illegible]
Production normale.	0,0554	[illegible]
Formé sous l'influence de la corne......	0,2471 = Az 0gr,0641	[illegible]

L'azote de l'acide et de l'ammoniaque représenterait les 0,90 de l'azote de la corne.

XXIII. Terre végétale.. 50gr

Chiffons de laine	0,5	tenant azote 0gr,0[illegible]
Eau : 1re addition	12,0	
» 2e addition	5,0	
	67,5	
Mélange pesait en 1865..	57,0	
Différence.....	10,5	

Dosé : Acide nitrique 0gr,1743 Ammoniaque 0gr,0018

Avant, la terre contenait............	0,0046	0,0006
Acquis............	0,1697	0,0012
Production normale.	0,0554	0,0003
Formé sous l'influence de la laine..	0,1143 = Az 0gr,0296	0,0009 = Az 0gr,0007

L'azote de l'acide et de l'ammoniaque, 0gr,0303, représenterait les 0,43 de l'azote de la laine.

XXIV. Terre végétale.. 50gr

Chair desséchée.	0,5	tenant azote 0gr,066
Eau : 1re addition	12,0	
» 2e addition	5.0	
	67,5	
Mélange pesait en 1865..	56,0	
Différence.....	11,5	

Dosé : Acide nitrique	0gr,2370	Ammoniaque 0gr,0030
Avant, la terre contenait...........	0.0046	0,0006
Acquis:...........	0,2324	0,0024
Production normale.	0,0554	0,0003
Formé sous l'influence de la chair.......	0,1770=Azogr,0458;	0,0021=Azogr,001

L'azote de l'acide et de l'ammoniaque, 0gr,0475, représente les 0,72 de l'azote de la chair desséchée.

XXV. Terre végétale..	100gr	
Sang desséché..	1	tenant azote 0gr,122
Eau : 1re addition	24	
» 2e addition	5	
	130	
Mélange pesait en 1865..	117	
Différence.....	13	

Dosé : Acide nitrique	0gr,5108	Ammoniaque 0gr,0025
Avant, la terre contenait............	0,0093	0,0011
Acquis............	0,5015	0,0014
Production normale..	0,1108	0,0006
Formé sous l'influence du sang.........	0,3907=Azogr,1013;	0,0008=Azogr,000

L'azote de l'acide et de l'ammoniaque, 0gr,102, représenterait les 0,84 de l'azote du sang.

J'ai résumé en un tableau les résultats précédemment exposés, en exprimant par 100 le poids des substances organiques incorporées au sable, à la craie, à la terre végétale. Le poids de la terre, mise seule en observation, est aussi représentée par 100 parties. Dans la première colonne du tableau, on trouve la quantité d'azote contenue dans les substances mises en expérience; dans la dernière

colonne, la fraction de l'azote constitutionnel transformée en acide nitrique et en ammoniaque.

SUBSTANCES AZOTÉES.	AZOTE dans 100.	AzO^5 dosé.	AzH^3 dosé.	AZOTE de AzO^5 et AzH^3.	FRACTION de L'AZOTE transformé.
Première série, sable pour excipient.					
Paille de froment....	0,40	0,00	0,00	"	"
Tourteau de colza...	4,90	traces	0,53	0,45	0,09
Os en poudre..... ..	5,00	4,90	0,21	1,45	0,29
Os torréfiés.........	8,00	traces	0,11	0,09	0,01
Râpure de corne.....	14,40	traces	1,52	1,25	0,09
Chiffons de laine. ..	14,00	traces	0,70	0,58	0,04
Chair desséchée.....	13,20	traces	0,60	0,49	0,04
Sang desséché.......	12,20	traces	0,60	0,49	0,04
Deuxième série, craie pour excipient.					
Paille de froment...	0,40	traces	0,25	0,21	0,53
Tourteau de colza...	4,90	traces	1,95	1,60	0,33
Os en poudre.......	5,00	4,68	traces	1,21	0,24
Os torréfiés.........	8,00	0,00	1,05	0,85	0,11
Râpure de corne....	14,40	traces	2,20	1,80	0,12
Chiffons de laine. ..	14,00	traces	2,70	2,22	0,16
Chair desséchée.....	13,20	traces	3,00	2,50	0,19
Sang desséché..	12,20	traces	3,20	2,64	0,22
Troisième série, terre végétale pour excipient.					
Paille de froment....	0,40	2,00	0,06	0,57	"
Tourteau de colza...	4,90	10,30	0,19	2,83	0,58
Os en poudre.......	5,00	5,92	0,09	1,61	0,32
Os torréfiés.........	8,00	8,92	0,11	2,42	0,30
Râpure de corne....	14,40	48,42	0,02	12,96	0,90
Chiffons de laine....	14,00	22,86	0,18	3,03	0,43
Chair desséchée.....	13,20	35,40	0,42	9,40	0,72
Sang desséché.......	12,20	39,07	0,08	10,20	0,74
Terre végétale seule..	0,21	0,11	traces	0,03	0,14

[illegible] M. [illegible]

[illegible] généralement [illegible] dans la formation [illegible] avec ce que j'ai [illegible]. Ainsi, de la [illegible] plus [illegible] que le [illegible] dans le salpêtre [illegible], les plâtres d'un [illegible] accomplie [illegible] le plus souvent, il n'y a [illegible] de l'eau chargée de [illegible] est-ce en vain qu'on [illegible] le salpêtre les enduits rési[illegible] à grimper, et bientôt [illegible]. Le seul moyen réellement [illegible] d'être envahie par le salpêtre [illegible] reposer les assises inférieures sur [illegible] manière à rompre toute continuité [illegible].

C'est [illegible] terre végétale [illegible] nitrifiable spontané-

---

[illegible]

ment, que les matières organiques azotées ont développé le plus d'acide nitrique et le moins d'ammoniaque. En effet, 100 de ces matières ont donné, en moyenne : acide nitrique, 21,61, renfermant les 0,58 de leur azote constitutionnel ([1]).

([1]) Il est remarquable que, dans un très-grand nombre d'expériences faites pour essayer de nitrifier des substances azotées, je n'aie jamais pu déceler la moindre production d'acide nitrique, en l'absence de la terre végétale.

Pour excipient, on avait pris :

Sable quartzeux de Fontainebleau,
Marne du Loiret,
Fahlun de Touraine,
Noir d'os,
Coke.

Ces matières étaient d'abord lavées et séchées, car toutes, sans exception, dans l'état où on se les procure, contiennent des nitrates, ce qui paraîtra assez surprenant pour le noir d'os et le coke. Mais ces substances sont emmagasinées dans des lieux humides, et, en ce qui concerne le coke, on sait qu'en sortant des cornues ou des fours à gaz on l'étend sur le terrain, et que, pour en hâter le refroidissement, on l'arrose avec de l'eau dans laquelle il y a certainement des nitrates.

Les mélanges consistaient en 1 kilogramme d'excipient dans lequel on répartissait les matières azotées; on humectait en restant au-dessous du maximum d'imbibition, et on les mettait dans un plat en porcelaine recouvert d'un entonnoir.

Les substances azotées employées ont été :

Tourteau de lin,
Gélatine extraite des os par de l'eau distillée,
Lait,
Urine,
Sel ammoniac,
Guano.

Un mois après la mise en expérience, on a commencé à rechercher l'acide nitrique dans chacun des mélanges, sans en rencontrer, si ce n'est là où il y avait du guano, qui en renferme toujours de faibles proportions, ainsi que je l'ai reconnu depuis longtemps, et qu'il n'est pas possible de laver sans en changer la constitution.

Quant à la nécessité de laver les matières servant d'excipient, elle est fondée sur ce fait qu'il est impossible qu'un produit de l'industrie qui a

La nitrification spontanée de la terre végétale doit d'ailleurs avoir une limite, par la raison que les principes azotés qui s'y rencontrent ne sont pas tous nitrifiables. Nous voyons, par exemple, qu'en cinq années 100 grammes de la terre mise en expérience n'ont fourni que $0^{gr},11$ d'acide nitrique = azote $0^{gr},0285$, les 0,14 de l'azote constitutionnel; mais, en incorporant à ces 100 grammes de terre 1 gramme de sang desséché, on a eu $0^{gr},50$ d'acide nitrique, dont $0^{gr},39$ = azote $0^{gr},10$ peuvent être attribués au sang. C'est donc bien à l'influence de la terre qu'est due l'oxydation de cet azote, puisque, mis dans le sable ou dans la craie, le sang, ainsi que les autres substances azotées, n'a fourni que des traces de nitrates.

été imbibé d'eau à sa surface et ensuite desséché ne renferme des nitrates, puisque toutes les eaux, même la pluie, en contiennent. L'eau, en s'évaporant, laisse dans la substance qu'elle mouillait les sels qu'elle tenait en dissolution, et parmi eux les nitrates. Ainsi l'on a dosé, en acide nitrique, dans 1 kilogramme de :

Papier à filtrer, l'équivalent de	$0^{gr},01$	de nitrate de potasse.
Gelatine du commerce........	0,19	»
Noir d'os neuf...............	0,05	»

RECHERCHES

SUR LES

FONCTIONS DES CHAMPIGNONS;

PAR M. A. MÜNTZ.

Première Partie.

DES MATIÈRES SUCRÉES CONTENUES DANS LES CHAMPIGNONS.

Les recherches qui font l'objet de ce travail ont été entreprises pour déterminer la nature des sucres qui entrent dans la constitution des champignons et pour éclaircir quelques questions, encore obscures, des fonctions respiratoires de ces êtres qui peuvent se placer parmi les plus simples du règne végétal. C'est cette simplicité d'organisation qui permet de suivre avec plus de facilité les modifications qui s'effectuent dans les substances qu'ils renferment. En outre, l'intérêt qui s'attache à leur étude est considérablement augmenté par les transformations que quelques-uns d'entre eux sont aptes à faire subir à un grand nombre de matières organiques.

Dans des travaux qui datent du commencement du siècle, Braconnot (¹) a fait une série de recherches analytiques sur les champignons. A cette époque l'analyse immédiate des plantes était très-cultivée et, contrairement à ce qui se fait de nos jours, les chimistes s'attachaient non-seulement

(¹) *Annales de Chimie et de Physique*, 1re série, t. LXXX, 1811.

à isoler telle ou telle substance, mais à déterminer la nature et la quantité de tous les principes qui formaient le végétal qu'ils examinaient. Cette méthode présentait de grands avantages, et, si elle était appliquée aujourd'hui avec les moyens dont la Science dispose, l'étude de la transformation des matières dans les êtres organisés ferait des progrès plus rapides, et bien des problèmes que les physiologistes osent à peine aborder seraient déjà résolus.

A l'époque où Braconnot faisait ses recherches, un moins grand intérêt s'attachait à l'étude des champignons, car on était loin de soupçonner que les phénomènes de fermentation et de putréfaction étaient attribuables à des êtres organisés parmi lesquels les champignons se plaçaient au premier rang.

Je me suis attaché d'abord à caractériser les sucres qui entrent dans la composition des champignons et à en rechercher les transformations. Le rôle de la matière sucrée dans la vie des plantes est des plus importants : c'est la forme par laquelle passe le plus ordinairement le carbone, tant pour s'éloigner que pour s'approcher du maximum d'organisation. Tout ce qui peut éclairer l'histoire de ces corps se rattache donc aux fonctions les plus intimes des végétaux.

Braconnot a trouvé, dans certaines espèces, une matière sucrée qu'il a nommée *sucre de champignons* et dont des recherches ultérieures ont démontré l'identité avec la mannite.

Pendant l'automne de 1872, j'ai examiné, sous le point de vue de la matière sucrée, un grand nombre de champignons recueillis dans les forêts du Liebfrauenberg, en Alsace. Le plus grand nombre contenait de la mannite, facile à extraire à l'état de cristaux, sur lesquels on a pu vérifier tous les caractères de cette matière. D'autres donnaient un sirop qui déposait, au bout de quelques heures ou de quelques jours, des cristaux fort différents de ceux

que donne la mannite, formant des octaèdres rectangulaires dont quelques-uns portaient nettement une facette hémiédrique. Après avoir préparé une certaine quantité de ces cristaux, je n'ai pas tardé à reconnaître leur identité avec le tréhalose, sucre que M. Berthelot ([1]) a retiré du *trehala*, manne comestible de l'Orient. En effet, cette matière, fortement sucrée, pas ou difficilement fermentescible au contact de la levûre de bière, ne réduit pas directement la liqueur de Fehling; elle la réduit, au contraire, après une ébullition prolongée avec l'acide sulfurique, fond dans un tube au voisinage de 100 degrés sans présenter un point de fusion nettement déterminé et ne passe à l'état liquide quand elle est placée dans une capsule large qu'à une température plus élevée. Son pouvoir rotatoire est plus considérable que celui de tous les autres sucres.

Cette identité a, du reste, pu être vérifiée par la comparaison avec le tréhalose du *trehala*. M. F. Würtz, que je suis heureux de remercier ici, a eu l'obligeance de faire venir d'Orient, à mon intention, cette manne, introuvable dans les collections de Paris et qu'il est difficile de se procurer, même dans les pays d'où elle est originaire.

Une troisième espèce de sucre existe dans certains champignons; il est fermentescible et réduit la liqueur cupropotassique. Il n'a cependant pas été possible de l'isoler; là où il se rencontrait il était constamment accompagné de tréhalose et de mannite, qui n'ont pas permis de l'obtenir à l'état de pureté.

Pour rechercher quel sucre contient le champignon à examiner, on en prend quelques grammes qu'on découpe en tranches minces et qu'on fait sécher. Après dessiccation, on traite dans un ballon par de l'alcool à 90° bouillant.

La dissolution alcoolique est évaporée et le résidu repris

([1]) *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. LV, p. 272.

par quelques centimètres cubes d'eau qui séparent une matière grasse jaune. On filtre sur du papier préalablement mouillé, et l'on reçoit le liquide dans un verre de montre. On soumet à une évaporation lente. S'il y a de la mannite, même en très-petite quantité, le verre de montre se recouvre d'une belle cristallisation radiée qu'un œil exercé ne peut manquer de reconnaître comme caractéristique de la mannite. S'il y a du tréhalose, il se forme un sirop qui, au bout de quelques heures, ou seulement de quelques jours, dépose des octaèdres rectangulaires qui atteignent souvent un volume relativement considérable. Dans la plupart des cas il y a en même temps de la mannite et du tréhalose : on voit alors les deux sortes de cristaux se former, mais moins nettement que si chacun de ces deux sucres était seul. Si cependant il y a un doute sur la présence du tréhalose, l'observation au saccharimètre dévoilera facilement ce corps, dont le pouvoir rotatoire est plus élevé que celui de tous les autres sucres.

La liqueur de Fehling dénotera la présence du sucre réducteur.

La mannite peut s'extraire en quantité considérable des nombreuses espèces qui la contiennent. Il suffit d'évaporer le jus des champignons pour obtenir une masse cristalline qui, soumise à l'expression, redissoute en présence du noir animal, fournit par une seconde cristallisation de la mannite presque pure. Si cette substance avait une application industrielle, c'est certainement des champignons qu'il y aurait le plus d'avantages à l'extraire.

Pour préparer le tréhalose, il faut choisir les espèces qui ne contiennent que ce sucre, l'extraction étant très-difficile en présence de la mannite. On exprime le jus, on le précipite par le sous-acétate de plomb, on enlève l'excès de plomb par l'hydrogène sulfuré et l'on évapore en sirop clair. Le tréhalose cristallise dès les premiers jours. Ces cristaux sont lavés à l'alcool froid et dissous dans l'alcool

à 90 degrés bouillant, qui les dépose par refroidissement. Des cristallisations répétées dans l'alcool fournissent du tréhalose pur.

Je me suis aussi servi d'une autre méthode pour préparer ce sucre ; elle donne également de bons résultats. On traite les champignons, desséchés et pulvérisés, par de l'alcool bouillant ; la liqueur alcoolique étant évaporée, on reprend le résidu par de l'eau chaude qui fournit des cristaux dont une ou deux cristallisations dans l'alcool achèvent la purification.

Parmi les espèces les plus communes dont on peut facilement extraire le tréhalose je citerai les suivantes : *Agaricus Eringii, sulfureus, muscarius, columbetta*, *Lactarius viridis*, etc.

Le tréhalose se trouve quelquefois en quantité notable ; de 120 grammes d'*Agaricus Eringii* sec j'ai pu retirer 10 grammes de ce sucre cristallisé.

Les espèces qui suivent contiennent aussi du tréhalose ; mais la présence simultanée de la mannite en rend l'extraction difficile : *Agaricus fusipes, lateritius, cæsareus, Lycoperdon pusillum,* etc.

Les espèces qui contiennent ces deux sucres réunis sont les plus nombreuses.

Il arrive quelquefois que les individus jeunes de certaines espèces ne contiennent que du tréhalose, tandis que les individus plus avancés en âge contiennent aussi de la mannite. L'*Agaricus sulfureus* est dans ce cas, qui, du reste, ne s'est rencontré que rarement ; on n'a jamais trouvé d'espèces chez lesquelles l'inverse ait pu être observé, c'est-à-dire qui, contenant dans leur jeunesse de la mannite seulement, ont acquis du tréhalose en avançant en âge.

Parmi les champignons qui ne contiennent jamais que de la mannite, je citerai : *Agaricus cornucopia, maculatus, Cantharellus cibarius, Agaricus scyphoïdes, albus, campestris,* etc.

Enfin le sucre réducteur qui se joint quelquefois aux deux autres espèces est surtout abondant dans le *Boletus extensus*.

Après avoir examiné les champignons supérieurs, j'ai cru intéressant de soumettre au même genre de recherches les espèces inférieures, qui jouent le rôle de ferments et de moisissures.

De la levûre de bière, à un certain degré de pureté, a été épuisée par l'eau ou par l'alcool bouillants ; on a séparé une grande quantité de matière par le sous-acétate de plomb ; l'excès de plomb a été enlevé par l'hydrogène sulfuré. La liqueur évaporée donnait un magma cristallin très-complexe dont on a en vain cherché à extraire de la mannite ou du tréhalose. Par l'emploi du polarimètre on n'a pas non plus pu constater la présence de ce dernier sucre ; les liqueurs obtenues déviaient toujours à gauche, mais d'une manière peu intense. Du magma cristallin j'ai pu extraire de la tyrosine et la caractériser. M. Schützenberger [1] a décrit les produits que fournit la levûre ; je ne les ai pas étudiés ; je n'en fais mention que pour faire voir que, s'il existait des matières sucrées dans la levûre, la grande quantité et la diversité des autres substances solubles pouvaient en avoir masqué la présence ou empêché la séparation.

Le *Mycoderma aceti* a donné des résultats également incertains. La question de savoir si ces deux espèces contiennent dans leur organisme les matières sucrées caractéristiques des champignons n'est donc pas résolue.

Le *Penicillium glaucum* a été cultivé sur diverses solutions, placées dans de très-grandes cuvettes de photographie ; il se formait, au bout de quelques jours, un mycé-

---

[1] *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, t. LXXVIII, p. 493.

lium épais, nageant à la surface du liquide, et qui ne tardait pas à fructifier. Quand on jugeait que la végétation était assez avancée, on faisait écouler le liquide et on le remplaçait 2 ou 3 fois par de l'eau pure, sans immerger le champignon. De cette façon le liquide primitif qui le baignait était enlevé. On desséchait, on réduisait en poudre et l'on traitait par l'alcool bouillant ; la liqueur alcoolique était évaporée à sec et le résidu repris par l'eau qui séparait une matière résineuse ; par l'évaporation de l'eau on obtenait toujours des cristaux de mannite, faciles à reconnaître par leur point de fusion situé vers 165 degrés et par les caractères de cristallisation dans l'alcool.

On a employé, pour y semer le *Penicillium,* de l'empois d'amidon, des dissolutions de sucre interverti, d'acide tartrique, de gélatine, auxquelles on avait ajouté des matières minérales en employant le mélange indiqué par M. Raulin. On s'est aussi servi de liquides naturels, tels que jus de pomme, de groseilles, etc., dont la plus grande partie du sucre avait été préalablement détruite par la fermentation alcoolique. Dans toutes ces expériences, le *Penicillium* renfermait de la mannite. La matière obtenue ne déviant pas la lumière polarisée, on en conclut qu'elle ne renferme pas de tréhalose.

La production de mannite aux dépens des éléments de l'acide tartrique mérite d'attirer l'attention. En effet, la constitution de ces deux corps est très-différente ; la molécule d'acide tartrique est plus simple et contient une quantité moindre d'équivalents de carbone ; c'est donc une véritable synthèse qu'accomplit le *Penicillium,* accessoirement à sa fonction principale, qui est une combustion complète, inverse de la fonction synthétique, plus spécialement propre aux végétaux à chlorophylle.

Le *Mucor mucedo* a pu être cultivé, à l'état de pureté, sur du crottin de cheval et surtout sur différentes graines en train de germer. Il a été long et pénible d'en recueillir

des quantités assez notables pour en faire l'analyse. Des graines de colza, mises à germer sur du gravier dans de grandes cuvettes de photographie, et maintenues dans un milieu très-humide, ont été le terrain le plus favorable à la culture du *Mucor*.

Une épaisse végétation de ce champignon recouvrait les graines dont la vie était arrêtée. On a remarqué qu'il présentait, comme les plantes vertes, le phénomène de l'héliotropisme positif, c'est-à-dire qu'il se dirigeait constamment du côté de la lumière. De temps en temps on l'enlevait avec une pince ; il se développait de nouveau rapidement en portant des fructifications. On a pu de cette manière recueillir plusieurs grammes de ce champignon à l'état sec. On l'a traité par l'alcool bouillant et l'on a obtenu un sirop qui a déposé des cristaux de tréhalose. Ces cristaux étaient parfaitement reconnaissables ; aucun doute ne pouvait exister sur leur nature ; ils avaient la même forme et le même aspect que le tréhalose extrait des champignons qui ne contiennent que ce sucre. La petite quantité de ces cristaux n'a pas permis d'en prendre exactement le pouvoir rotatoire ; mais on a pu constater qu'ils déviaient fortement le plan de la lumière polarisée, comme le fait le tréhalose. Toutes les réactions concordaient avec celles de ce sucre. On peut donc regarder comme hors de doute sa présence dans le *Mucor mucedo*. Deux autres cultures, faites, l'une sur le crottin de cheval et l'autre sur des haricots, ont donné le même résultat. On n'a jamais obtenu de mannite. Sous le point de vue de la présence des matières sucrées dans leur organisme, les moisissures rentrent donc dans le cas des champignons supérieurs.

Les *Myxomycètes* sont des êtres singuliers dont les affinités sont loin d'être nettement déterminées. En effet, certains auteurs, et parmi les plus autorisés, comme M. du Barry, en font une classe à part, intermédiaire entre les animaux et les végétaux ; d'autres naturalistes les placent,

quoique avec hésitation, parmi les champignons. Il n'était pas sans intérêt de rechercher quel sucre contiennent ces organismes.

L'*Æthalium septicum*, vulgairement appelé *fleur de tan*, est le plus connu parmi eux ; il forme, à la surface de la tannée humide, des plaques épaisses, d'un jaune vif, constituées par un protoplasma nu et offrant ainsi le curieux exemple d'un être sans cellule ni tissu. Au bout de quelques jours cette masse se transforme en une poudre brune, formée par des spores analogues à ceux des champignons. Braconnot ([1]) a fait l'analyse immédiate de l'*Æthalium*; il y a trouvé plus de 20 pour 100 de sels calcaires, une matière adipeuse jaune, etc.; il n'y signale pas de matière sucrée. En le traitant par l'alcool bouillant, j'ai obtenu une abondante cristallisation de tréhalose.

La présence du tréhalose dans les *Myxomycètes* les rapproche des champignons, s'il est permis d'émettre l'opinion que l'analyse immédiate peut être quelquefois utilement consultée là où les caractères anatomiques sont insuffisants pour déterminer la place que doit occuper un être dans la classification naturelle.

Deuxième Partie.

IDENTITÉ DU TRÉHALOSE ET DU MYCOSE.

M. Mitscherlich ([2]) a retiré d'un champignon, l'Ergot du seigle, une matière sucrée qu'il a nommée *mycose* et que M. Ludwig a trouvée ultérieurement dans le *Funcus Sambuci*. C'est évidemment la même substance que celle que j'ai obtenue et à laquelle il eût peut-être été rationnel de conserver le nom de *mycose* qui rappelle son origine.

([1]) *Annales de Chimie et de Physique*, 1re série, t. LXXX, p. 283.
([2]) *Monatsbericht der Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, 2 novembre 1857.

M. Berthelot [1] avait déjà remarqué une grande analogie, sinon une identité complète, entre le tréhalose qu'il avait retiré du *trehala* et le mycose de M. Mitscherlich. La différence principale consistait en la valeur des pouvoirs rotatoires, M. Mitscherlich ayant trouvé pour le pouvoir rotatoire de son sucre cristallisé + 173 et M. Berthelot pour le sien + 199. Le sucre de M. Mitscherlich est fermentescible, celui de M. Berthelot ne l'est pas. Enfin, le mycose paraîtrait se déshydrater plus difficilement que le tréhalose du *trehala*.

Ayant eu ces deux sucres à ma disposition, j'ai pu comparer leurs propriétés et constater leur identité complète.

Les sucres sur lesquels j'opérais étaient purifiés par plusieurs cristallisations dans l'alcool; ils offraient tous les caractères de la pureté; ils ne contenaient pas des quantités appréciables de matières minérales. Les dessiccations ont été faites en maintenant pendant trois heures le sucre pulvérisé à une température de 110 degrés. Pour la détermination des pouvoirs rotatoires, je me suis servi du polarimètre à pénombre; les valeurs obtenues sont donc rapportées au rayon jaune.

I. $1^{gr},5$ de tréhalose cristallisé, venant des champignons, cristallisé dans l'eau et en retenant 8,3 pour 100, ont été dissous dans l'eau; le volume a été amené à 25 centimètres cubes; la température était de 15 degrés; la longueur de la colonne liquide de 200 millimètres. On a eu pour déviation du rayon jaune $+ 21^{\circ},85$.

Le tréhalose réel employé était de

$$1^{gr},5 - 0,1245 = 1^{gr},3755.$$

D'après la formule employée par M. Berthelot on aura,

---

[1] Mémoire cité.

d'après ces résultats,

$$[\alpha]j = 21^{\circ},85 \times \frac{25}{2 \times 1,3755} = +198,6.$$

II. 1gr,5 de tréhalose séché à 110 degrés, ne contenant plus d'eau et venant également des champignons, ont été dissous dans l'eau; le volume a été amené à 25 centimètres cubes; la température était de 15 degrés; la longueur de la colonne liquide de 200 millimètres.

La déviation du rayon jaune a été de $+23^{\circ},90$; d'où

$$[\alpha]j = 23,90 \times \frac{25}{2 \times 1,5} = +199,5.$$

III. 1gr,3 de tréhalose cristallisé dans l'eau, en retenant 6,4 pour 100 et préparé avec le *tréhala*, ont été dissous dans l'eau et le volume amené à 22 centimètres cubes; la température était de 16 degrés; la longueur de la colonne liquide de 200 millimètres.

La déviation du rayon jaune a été de $22^{\circ},30$.

Le tréhalose réel employé était de

$$1^{gr},300 - 0,083 = 1^{gr},217;$$

d'où

$$[\alpha]j = 22,30 \times \frac{22}{2 \times 1,217} = +201,5.$$

IV. 1gr,65 de tréhalose du *trehala*, séché à 110 degrés, ne contenant plus d'eau, ont été dissous, et le volume amené à 21cc,5; la température était de 14 degrés; la longueur de la colonne liquide de 200 millimètres.

La déviation du rayon jaune a été de $30^{\circ},75$, d'où

$$[\alpha]j = 30,75 \times \frac{21,5}{2 \times 1,65} = +200,3.$$

Les pouvoirs rotatoires du mycose et du tréhalose sont donc identiques et sensiblement égaux à $+200$ pour le sucre déshydraté.

Les deux sucres ont opposé des résistances égales à la fermentation : au bout de plusieurs jours de contact avec de la levûre de bière, aucun des deux n'avait dégagé de l'acide carbonique en quantité notable.

Enfin la déshydratation des deux sucres pulvérisés et maintenus à 110 degrés pendant quatre heures a été complète. D'après M. Berthelot, tous les autres caractères sont les mêmes. On peut donc considérer le mycose et le tréhalose comme formant une seule et même espèce de sucre, comme M. Berthelot l'avait déjà soupçonné.

Troisième Partie.

FONCTIONS RESPIRATOIRES DES CHAMPIGNONS.

J'ai été amené à étudier la respiration des champignons en cherchant à m'expliquer pourquoi les uns contenaient des sucres ayant la constitution des hydrates de carbone, et les autres du sucre avec excès d'hydrogène. La production de ce dernier faisait supposer qu'il existait, dans certaines espèces, une faculté hydrogénante qui manquait dans d'autres. Les expériences faites dans cette direction n'ont pas abouti à un résultat positif. On est, au contraire, arrivé à cette conclusion que, s'il existait des différences de fonctionnement entre des espèces de champignons souvent très-voisines, cela tenait à la présence de telle ou telle matière sucrée ; c'est-à-dire que la diversité de ces sucres dans les espèces était la cause et non pas l'effet des différences observées dans le mode de respiration.

Une autre cause qui m'a engagé à entreprendre ce travail a été l'incertitude où l'on se trouve encore relativement à la nature des gaz qui sont les produits de la respiration des champignons.

De Humboldt [1] a, le premier, annoncé que des *Agarics*

---

[1] *Flora fribergensis*, 1793.

placés au soleil ou à l'obscurité, produisaient de l'hydrogène.

Plus tard, de Candolle [1] dit avoir constaté que le *Sphæria digitata* et le *Peziza nigra,* exposés sous l'eau au soleil, ont exhalé de l'hydrogène.

Marcet [2] a placé différents *Agarics* sous des cloches contenant de l'air; au bout de trois jours, il s'était dégagé une très-petite quantité d'acide carbonique, mais pas d'hydrogène.

Dans d'autres expériences semblables, Marcet trouve que les champignons n'ont pas modifié sensiblement la composition de l'air, ni surtout exhalé de l'hydrogène. Ces mêmes champignons, placés sous l'eau, dégageaient rapidement de l'azote et de l'hydrogène; exposés au soleil, ils produisent ce gaz avec plus d'intensité qu'à l'obscurité. Marcet insiste sur le fait que, dans ces expériences, il est impossible d'attribuer la formation de ces gaz à un commencement de décomposition.

Dans des expériences ultérieures [3], le même savant étudie la respiration des champignons placés dans l'air, l'oxygène et l'azote. Il obtient, dans tous les cas, une certaine quantité d'acide carbonique, abondante quand l'atmosphère primitive contenait de l'oxygène, peu abondante dans l'azote. Dans ces expériences il n'obtient pas généralement d'hydrogène et, contrairement à une opinion formulée dans son précédent travail, il admet que l'hydrogène n'est qu'un produit accidentel dû à un commencement de décomposition.

Ses expériences montrent que les champignons absorbent l'oxygène et dégagent à la place de l'acide carbonique et que, si l'oxygène fait défaut, ils produisent de l'acide carbonique aux dépens de leur propre substance.

---

(1) *Flore française*, t. II.
(2) *Annales de Chimie et de Physique*, 2e série, t. XL, p. 318.
(3) *Bibliothèque universelle de Genève*, t. LVII, p. 393; 1834.

Grischow ([1]) a observé une trace d'hydrogène en plaçant différents champignons dans de l'air.

Les conditions dans lesquelles se produit l'hydrogène sont donc loin d'être nettement déterminées, puisque certains observateurs en trouvent là où d'autres n'en trouvent pas. L'exhalation de ce gaz ne paraît même pas absolument démontrée, puisque, dans son *Traité de Physiologie végétale* ([2]), M. Sachs dit que cette exhalation d'hydrogène, déjà signalée par Humboldt, est fort douteuse. Il était donc nécessaire de reprendre ce sujet pour faire cesser la confusion qui règne sur cette question.

Mes essais ont porté d'abord sur le champignon des couches, *Agaricus campestris,* qui remplit, en raison de sa consistance de chair ferme, des conditions de conservation qu'on ne trouve pas dans toutes les espèces et qu'il est facile de se procurer dans un état de fraîcheur parfait. Ces qualités, jointes à ce fait qu'il ne contient qu'une seule espèce de matière sucrée, la mannite, m'ont engagé à l'employer de préférence dans mes expériences. D'autres espèces, le *Cantharellus cibarius,* etc., ne contenant aussi que de la mannite, ont donné les mêmes résultats. J'ai ensuite répété la même série d'essais sur des espèces ne contenant également qu'une seule matière sucrée, le tréhalose; j'ai choisi les *Agaricus sulfureus* et *Eringii,* très-communs dans les forêts, où ils poussent de préférence, le premier sur l'humus des troncs d'arbre, le second sur des racines qui sont presque à fleur de terre.

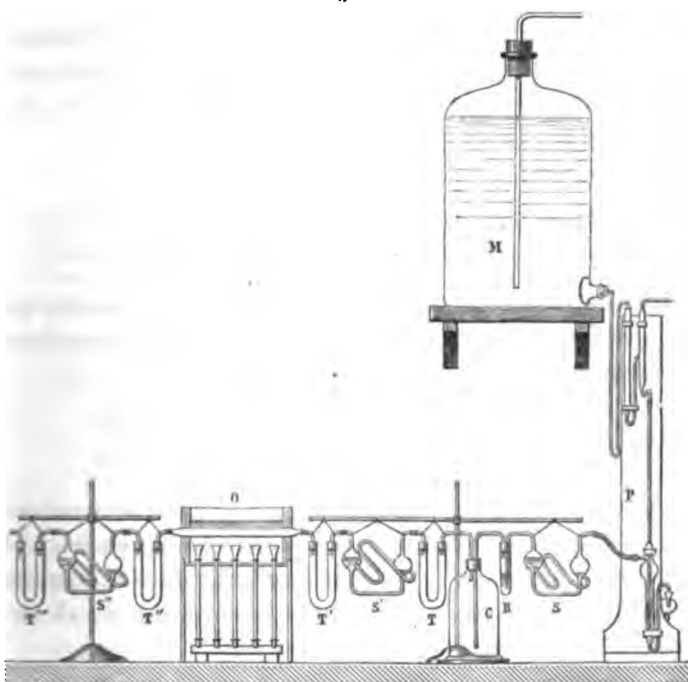
Dans la première série d'expériences les champignons, venant d'être cueillis, étaient placés sous une cloche mastiquée sur un disque de verre dépoli; l'air ou l'azote étaient amenés par une petite trompe P (*fig.* 1), d'une disposition particulière, dite *trompe à perles* et due à

([1]) Cité par Sachs, *Physiologie végétale.*

([2]) Traduction française, p. 297.

M. Schlœsing. Les gaz traversaient d'abord un tube à serpentin S (¹) contenant de la potasse, un barboteur B renfermant de l'acide sulfurique et se rendaient dans la cloche C contenant les champignons. Les gaz sortant de la cloche traversaient un tube à ponce sulfurique T, un second

Fig. 1.



tube à serpentin S', un autre tube à ponce sulfurique, un tube O contenant de l'oxyde de cuivre chauffé au rouge sur une grille à gaz et finalement les tubes T'', S'', T''' destinés à retenir l'eau et l'acide carbonique provenant des gaz combustibles. Pour faire passer de l'azote, on interpo-

(¹) Ces tubes, employés par M. Schlœsing, opèrent un lavage parfait des gaz.

sait, entre la trompe P et le tube S, un tube en verre de Bohême semblable à O, mais contenant du cuivre réduit qui retenait l'oxygène de l'air et fournissait de l'azote pur.

29 *décembre* 1873. — 250 grammes d'*Agaricus campestris* ont été placés sous la cloche mastiquée, mise en communication avec les appareils à absorption. On faisait passer un courant constant d'air dans la cloche à raison de 1 litre environ par heure. La température s'est maintenue voisine de 16 degrés pendant la durée de l'expérience, qui a été arrêtée au bout de quarante-huit heures. On n'a pas dosé l'acide carbonique exhalé par les champignons.

On a obtenu :

	gr
Eau dosant l'hydrogène..................	0,0030
Acide carbonique dosant les principes carbonés.	0,0002

La même expérience a été faite à blanc, c'est-à-dire en supprimant les champignons, avec les mêmes appareils et pendant le même temps. On a obtenu :

	gr
Eau........................	0,0035
Acide carbonique..............	0,0010

4 *janvier* 1874. — 300 grammes d'*Agaricus campestris* ont été placés sous la cloche mastiquée ; l'expérience a été conduite comme la précédente ; elle a duré cinquante heures ; la température s'est maintenue voisine de 15 degrés. On a obtenu :

	gr
Eau dosant l'hydrogène..................	0,0022
Acide carbonique dosant les principes carbonés.	0,0007

L'expérience à blanc, qui a duré quarante-six heures, a donné :

	gr
Eau........................	0,0020
Acide carbonique...............	0,0005

Ces deux expériences et d'autres semblables montrent

que dans l'air atmosphérique constamment renouvelé l'*Agaricus campestris* n'a pas dégagé d'hydrogène ni de gaz carboné combustible et que la petite augmentation de poids des tubes absorbants est due à une imperfection des appareils, imperfection dont l'effet a été augmenté par la durée des expériences.

Considérant donc ce résultat comme acquis, on a établi des essais semblables en supprimant l'oxygène et en plaçant ainsi les champignons dans des conditions anormales.

9 *janvier* 1874. — 150 grammes d'*Agaricus campestris* ont été placés sous la cloche mastiquée; on a fait passer un courant d'azote. La température s'est maintenue aux environs de 16 degrés pendant l'expérience qui a duré quarante-huit heures. Le gaz passait à raison d'un demi-litre par heure. A la fin de l'expérience les champignons n'étaient pas altérés. On n'a pas dosé l'acide carbonique exhalé. Les appareils placés à la suite du tube à oxyde de cuivre ont retenu :

Eau dosant l'hydrogène....................	gr 0,0090
Acide carbonique dosant les principes carbonés.	0,0002

11 *janvier* 1874. — 450 grammes d'*Agaricus campestris* ont été placés sous la cloche mastiquée. On n'a pas fait passer de gaz; les gaz produits par les champignons traversaient la série d'appareils à absorption. Après vingt-quatre heures un courant d'azote a déplacé l'atmosphère de la cloche. On a obtenu :

Acide carbonique exhalé par les champignons.	gr 0,0344
Eau dosant l'hydrogène....................	0,0080
Acide carbonique dosant les principes carbonés.	0,0005

Immédiatement après, la même expérience a été faite à blanc. On a obtenu :

Eau...........................	gr 0,0020
Acide carbonique...............	0,0005

La cloche contenant les champignons, séjournant depuis quarante-six heures dans l'azote, a été remise en communication avec les appareils à absorption ; l'atmosphère de la cloche a été déplacée par de l'azote.

On a obtenu :

Acide carbonique dégagé par les champignons.	gr 0,7230
Eau dosant l'hydrogène....................	0,0065
Acide carbonique dosant les principes carbonés.	0,0005

Une seconde fois on a fait marcher à blanc ; on a obtenu :

Eau..........	gr 0,0025
Acide carbonique..............	0,0010

Ces expériences et d'autres semblables, que je ne reproduirai pas ici, montrent :

1° Qu'il n'y a pas, du moins en quantité appréciable, de principes carbonés combustibles dégagés pendant la respiration des champignons à l'abri de l'oxygène.

2° Elles semblent indiquer que dans ces conditions il se produit une petite quantité d'hydrogène.

3° Elles montrent qu'en l'absence de l'oxygène les champignons dégagent des quantités notables d'acide carbonique.

Les quelques milligrammes d'eau recueillie, attribuable à l'hydrogène dégagé par les champignons lorsqu'ils sont privés de l'action de l'oxygène, me paraissant insuffisants pour établir définitivement la production de ce gaz, j'ai eu recours à l'analyse eudiométrique, en employant les procédés de M. Bunsen, tels qu'ils sont pratiqués dans le laboratoire de M. Boussingault.

26 *janvier* 1874. — 330 grammes d'*Agaricus campestris* ont été placés dans un ballon qu'on a rempli d'acide carbonique. Après deux jours, les gaz contenus dans le ballon ont été extraits par la pompe de Sprengel et recueillis sur

le mercure, dans une cloche contenant une dissolution de potasse. On a obtenu : gaz non absorbable par la potasse $43^{cc},4$ à zéro et 760 millimètres de pression.

Tous les volumes de gaz sont ramenés à zéro et 760 millimètres de pression. Une partie de ce gaz a été introduite dans l'eudiomètre; on a ajouté de l'oxygène :

	cc	
Volume du gaz dans l'eudiomètre.	12,3	
Après introduction d'oxygène...	19,1	
Après passage de l'étincelle......	7,8	
Gaz brûlé....................	11,3 :	H $7^{cc},5$.

Après l'introduction d'une balle de potasse le volume n'a pas varié.

Le résidu était formé par de l'oxygène mis en excès et de l'azote. Le gaz introduit dans l'eudiomètre contenait $7^{cc},5$ d'hydrogène et pas de gaz carboné. Les $43^{cc},4$ de gaz non absorbable par la potasse contenaient donc $26^{cc},4$ d'hydrogène. Les champignons ne présentaient pas de signes d'altération; leurs tissus, examinés au microscope, ne renfermaient pas les vibrions qui se produisent dès qu'il y a passage à la putréfaction.

11 *juillet* 1874. — 200 grammes d'*Agaricus campestris* ont été placés dans un ballon muni d'un bouchon de caoutchouc portant deux tubes dont l'un était en communication avec un générateur d'acide carbonique, et dont l'autre conduisait les gaz sous une cloche placée sur le mercure et contenant une dissolution concentrée de potasse. Le ballon a été rempli d'acide carbonique et le tube abducteur placé sous la cloche. Un courant très-lent et continu d'acide carbonique passait dans le ballon et empêchait, en maintenant la pression intérieure, l'introduction accidentelle de gaz atmosphérique. Au bout de trente-six heures on a chassé sous la cloche, au moyen d'un courant soutenu d'acide carbonique, le gaz contenu dans le ballon.

On a obtenu :

	cc
Gaz non absorbable....................	120,00
On a introduit dans l'eudiomètre, gaz... .	18,70
Après addition d'oxygène..............	26,43
Après passage de l'étincelle..............	19,41
Après introduction d'une balle de potasse..	19,41
Gaz brûlé.............	7,02 = H 4^{cc},68

soit, pour les 120 centimètres cubes de gaz recueilli :

H = 30^{cc},03.

Le gaz résidu était formé par de l'oxygène introduit en excès et de l'azote.

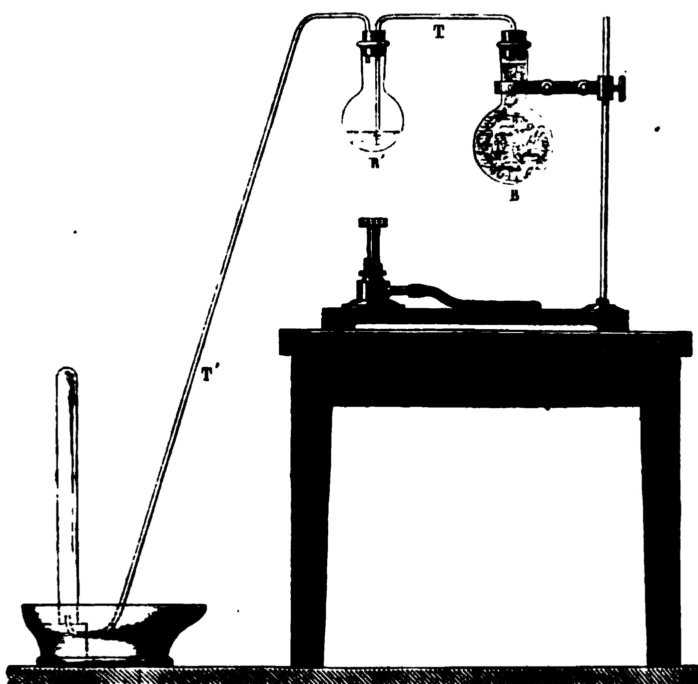
Pendant la durée de cette expérience la température s'est maintenue entre 20 et 25 degrés. Les champignons ne présentaient pas d'indices d'altération; les vibrions n'avaient pas encore fait leur apparition; mais, l'expérience étant terminée, on a abandonné ces champignons à eux-mêmes pendant quarante-huit heures; au bout de ce temps leurs tissus se sont ramollis en quelques endroits et ont montré dans les parties altérées une abondante population de vibrions.

Je ne rapporterai pas d'autres expériences qui, faites dans des conditions semblables, ont donné des résultats identiques avec les précédents.

On remarque que dans le gaz recueilli il y a toujours une grande quantité d'azote. On a pensé que cet azote était confiné dans les cellules du végétal, et pour éclaircir cette question on a analysé l'atmosphère contenue dans les champignons. A cet effet, on les a soumis à l'ébullition dans de l'eau, privée préalablement des gaz dissous, et l'on a recueilli sur le mercure les gaz qui se dégageaient. L'appareil dont je me suis servi est le suivant; son emploi met à l'abri des inconvénients que cause la mousse qui se produit abondamment. Le ballon B (*fig.* 2) contient les

champignons ; il est complétement rempli d'eau préalablement bouillie et refroidie à l'abri du contact de l'air ; il est fermé par un bouchon de caoutchouc portant le tube T deux fois recourbé et entièrement rempli d'eau. Ce tube plonge au fond d'un ballon B' également fermé

Fig. 2.



par un bouchon de caoutchouc et contenant un peu d'eau ; le tube T' amène les gaz sous la cloche. On commence par faire bouillir l'eau en B' ; quand le vide est produit, on chauffe B. La mousse qui passe par le tube T reste dans le ballon B'. Quand tout le gaz s'est dégagé du ballon B, on détermine de nouveau l'ébullition en B' ; le gaz se trouve ainsi chassé sous la cloche, en même temps qu'une très-petite quantité d'eau.

bable qui, traité par les procédés ordinaires de l'eudiométrie, s'est trouvé composé d'azote à peu près pur. Au bout de ces douze jours les champignons étaient profondément altérés. Ces expériences montrent que l'exhalation d'hydrogène bien nettement constatée pour certains champignons tient à la présence de la mannite dans leurs tissus, puisque des espèces très-voisines, qui n'en diffèrent que par la substitution du tréhalose à la mannite, n'ont pas donné de l'hydrogène quand on les a placés dans les mêmes conditions.

M. Berthelot a constaté [1] que la mannite, au contact de certaines matières albuminoïdes, dégageait de l'hydrogène et de l'acide carbonique et produisait de l'alcool. On a cru devoir rechercher l'alcool dans les champignons placés soit dans les conditions normales, en présence de l'air atmosphérique, soit à l'abri de l'oxygène.

Pour rechercher l'alcool, on introduisait les champignons dans un grand ballon avec de l'eau ; on distillait en recueillant le premier quart du liquide qui passait et on le soumettait à une rectification dans un appareil à boules [2]. L'alcool étant ainsi concentré dans une petite quantité d'eau, on mettait le liquide obtenu avec un excès de carbonate de potasse pur et cristallisé ; l'alcool surnageait et pouvait être recueilli. On a constaté ses caractères essentiels (transformation en iodoforme, etc.)

150 grammes d'*Agaricus campestris* ayant vécu à l'air ont donné une trace douteuse d'alcool.

200 grammes des mêmes Agarics placés pendant quarante-huit heures dans l'acide carbonique ont donné environ $3^{cc},5$ d'alcool (tel qu'il s'est séparé de la dissolution de carbonate de potasse). Un grand nombre d'expériences instituées de la même manière ont donné le même résultat.

---

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. L, p. 322.
(2) Système de MM. Henninger et Le Bel.

C'est donc à une fermentation alcoolique de la mannite qu'on peut attribuer le dégagement d'hydrogène qui se produit dans les champignons placés à l'abri du contact de l'oxygène.

Les champignons ne contenant que du tréhalose ont donné également de l'alcool après leur séjour dans l'acide carbonique. Ce sucre subit donc, dans ces conditions, la fermentation alcoolique. Il est évident, d'après ces résultats, que l'acide carbonique produit par les champignons soustraits à l'influence de l'oxygène vient, du moins en partie, de cette transformation de la matière sucrée dans l'intérieur des cellules.

La mannite subit difficilement la fermentation alcoolique. M. Berthelot a cependant montré (1) qu'au contact de certaines matières albuminoïdes elle donnait de l'alcool, de l'acide carbonique et de l'hydrogène. M. Berthelot admet que cette transformation se produit sans l'intervention d'êtres organisés, par une action de contact, due à la présence de certaines matières albuminoïdes, c'est-à-dire qu'il rapproche cette action des fermentations chimiques, telles que celle que la diastase fait subir à l'amidon.

La levûre de bière peut également faire subir à la mannite une fermentation alcoolique qui, quoique infiniment plus lente que la fermentation des sucres proprement dits, est cependant fort appréciable.

19 *janvier* 1874. — 10 grammes de mannite dissoute dans 250 centimètres cubes d'eau ont été introduits dans un ballon avec 30 grammes de levûre fraîche, contenant : levûre sèche, $5^{gr},10$. La température était voisine de 25 degrés; les gaz produits étaient recueillis sous une cloche contenant une dissolution de potasse. L'expérience

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. L, p. 322.

a duré jusqu'au 29 janvier, c'est-à-dire dix jours. Au bout de ce temps on avait recueilli sous la cloche 94^{cc},5 de gaz non absorbable qui contenaient: hydrogène, 86 centimètres cubes.

Le liquide contenu dans le ballon renfermait une quantité très-appréciable d'alcool; la levûre paraissait bien portante.

Cette transformation de la mannite est-elle le résultat d'une fermentation normale ou bien est-elle produite par le contact de la matière albuminoïde de la levûre? C'est une question que des recherches que j'ai faites récemment sur ce sujet me permettent de résoudre aujourd'hui. J'ai en effet constaté (1) que le chloroforme permettait d'établir une distinction entre les ferments chimiques et les ferments physiologiques. L'expérience de la fermentation de la mannite a été répétée en présence de chloroforme. On n'a obtenu ni dégagement d'acide carbonique et d'hydrogène, ni production d'alcool. La fermentation alcoolique de la mannite, au contact de la levûre de bière, est donc due à un acte vital comme la fermentation alcoolique ordinaire.

Cette fermentation alcoolique de la mannite et du tréhalose, produite à l'intérieur des tissus des champignons et sans intervention d'un ferment spécial, peut se rapprocher de phénomènes analogues que MM. Lechartier et Bellamy (2) ont observés dans les fruits. Dans ces expériences, il y a également production d'alcool sans qu'on puisse observer la formation d'êtres organisés. Le rapprochement a d'autant plus de raison d'être que le champignon, tel qu'il a servi à mes recherches, constitue lui-même l'organe de la fructification.

---

(1) *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, 17 mai 1875.

(2) *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, t. LXXV, p. 1203, et t. LXXIX, p. 106.

Ce phénomène n'est pas dû à une fonction normale, il constitue un état morbide produit sous l'influence de circonstances qui ne se rencontrent qu'exceptionnellement dans la nature. En effet, les végétaux sont à peu près toujours placés dans un milieu, aérien ou aqueux, où l'oxygène ne leur fait pas défaut. Cet état morbide est cependant fort distinct de l'état d'altération que caractérise la présence d'organismes étrangers.

Quand on prolonge les expériences, il est difficile d'éviter l'apparition des vibrions; mais l'expérience suivante montre que leur rôle est nul dans le phénomène dont je parle.

16 *juillet* 1874. — 450 grammes d'*Agaricus campestris* parfaitement sains ont été placés dans le ballon rempli d'acide carbonique. Après vingt-quatre heures le gaz a été balayé par un courant d'acide carbonique et recueilli sous une cloche contenant de la potasse. On a obtenu :

Gaz non absorbable............ $185^{cc},0$

qui ont donné par les procédés eudiométriques :

Hydrogène.................. $130^{cc},4$.

On a examiné au microscope les champignons qui paraissaient les moins bien portants; on n'a cependant pas pu observer une altération que la présence des vibrions aurait nettement indiquée.

Les mêmes champignons contenus dans le ballon ont été replacés dans les mêmes conditions. De temps en temps le gaz était recueilli et analysé, et les champignons soumis à l'examen microscopique. Voici le résumé de ces observations :

1re journée, 16 juillet, hydrogène dégagé....	$130^{cc},4$
Pas d'altération.	
4e journée, gaz produit les 17, 18, 19 juillet.	130,0
$23^{cc},6$ de ce gaz contenaient : hydrogène.....	16,6

d'où

Hydrogène contenu dans les 130^{cc},0........ 91,4.

Un petit nombre de champignons présentaient des parties dans lesquelles apparaissaient quelques vibrions.

Gaz de la 7e journée, 20, 21, 22 juillet.....	55^{cc},0
22^{cc},9 de ce gaz contenaient : hydrogène...	10,6

d'où

Hydrogène contenu dans les 55^{cc},0........ 25,4

L'altération des champignons est manifeste ; en beaucoup d'endroits ils sont ramollis et présentent des taches noirâtres. Des organismes animaux, parmi lesquels les vibrions dominent, peuplent les parties altérées.

Gaz de la 14e journée, 28, 29 juillet.......	45^{cc},5
26^{cc},4 de ce gaz contenaient : hydrogène...	0,3

d'où

Hydrogène contenu dans les 45^{cc},5........ 0,5

A ce moment la décomposition est très-avancée, tous les Agarics se foncent en couleur, deviennent mous, et quelques-uns laissent exsuder du liquide qui se rassemble au fond du ballon. La vie animale est très-active, aucune particule ne se montre exempte de monades, de vibrions.

Cette expérience fait voir que la production d'hydrogène atteint son plus haut degré avant l'apparition des organismes amenant l'altération ; qu'elle continue, mais en diminuant d'intensité, à mesure que ces organismes deviennent plus nombreux et que, lorsque l'altération complète, la pourriture s'établit, les gaz recueillis sont presque totalement exempts d'hydrogène. Ce n'est donc pas à l'existence d'organismes étrangers qu'il faut attribuer la production d'hydrogène, mais bien à une propriété spéciale

des tissus du champignon, qui se manifeste en l'absence de l'oxygène. Les expériences de Marcet et de de Candolle conduisent aussi à la conclusion que l'hydrogène n'est pas un produit d'altération.

Pour savoir si les champignons qui ont séjourné dans l'acide carbonique et qui y ont manifesté une fonction spéciale peuvent, étant replacés dans les conditions normales en présence de l'air atmosphérique, reprendre leur travail de combustion ordinaire, on a fait l'expérience suivante :

105 grammes d'*Agaricus campestris* ont été placés dans l'acide carbonique pendant trente-six heures ; au bout de ce temps, ils avaient produit 46 centimètres cubes d'hydrogène ; ils ne présentaient pas d'indices d'altération. Ils ont ensuite été soumis à un courant d'air atmosphérique pendant le même temps ; le gaz produit passait sur de l'oxyde de cuivre chauffé ; on a employé l'appareil décrit plus haut. Le tube à ponce sulfurique a absorbé :

Eau dosant l'hydrogène.......... $0^{gr},0035$.

Si, dans cette dernière expérience, le champignon avait fonctionné comme dans la première, où il était à l'abri du contact de l'oxygène, on aurait obtenu :

Eau dosant l'hydrogène......... $0^{gr},0383$.

Ainsi, après avoir fonctionné avec la production d'hydrogène dans un milieu exempt d'oxygène, les champignons ont de nouveau pu, en présence de l'air, reprendre leur état vital ordinaire, caractérisé par la formation des produits ultimes de la combustion.

Sans parler de cette combustion complète en présence de l'oxygène, qui est hors de doute depuis longtemps, je crois avoir démontré, par les expériences qui précèdent, qu'en l'absence de l'oxygène les champignons exhalent de l'acide carbonique qui provient, du moins en partie, d'une

fermentation alcoolique du sucre contenu dans les tissus; que lorsque le sucre est de la mannite, il y a en même temps un dégagement d'hydrogène; que cette fonction s'établit sans l'intervention d'êtres organisés et parait différer en cela des fermentations proprement dites. On peut cependant admettre que cette formation d'alcool rentre dans le cas des fermentations alcooliques ordinaires en considérant qu'il n'est pas improbable que le tissu des champignons supérieurs joue, vis-à-vis de la matière sucrée, le même rôle que les cellules des champignons inférieurs, c'est-à-dire que les premiers pourraient être ferments au même titre que les seconds et qu'on assimilerait, sans égard pour la différence des dimensions, les fonctions des uns à celles des autres.

Les considérations suivantes viennent appuyer cette idée: la constitution de leurs tissus ne diffère pas essentiellement; les mêmes principes entrent dans leur composition; leur fonction, au contact de l'oxygène, est la même (j'excepte la levûre de bière, sur laquelle je reviendrai), et ce qui constitue un rapprochement de plus c'est l'existence, dans les espèces inférieures constituant les moisissures, des mêmes matières sucrées que celles qui se trouvent dans les champignons supérieurs.

On peut donc admettre, d'après les considérations précédentes, que la fermentation alcoolique se produit dans toutes les espèces de la classe des champignons par une même action vitale, et l'on peut, dès lors, énoncer comme règle générale que *tous les champignons, soustraits à l'action de l'oxygène, transforment en alcool et acide carbonique les sucres dont ils disposent.* Lorsque le sucre est de la mannite, cette transformation est accompagnée d'un dégagement d'hydrogène. Le type de cette action est la levûre de bière, ferment proprement dit; les moisissures (*Penicillium, mucor*) ont la même fonction en l'absence de l'oxygène, et l'on voit par ce qui précède que

les champignons supérieurs obéissent également à cette règle.

La règle générale que je viens d'énoncer ne m'a pas présenté d'exceptions; s'il s'est rencontré des espèces à consistance ferme et sèche, presque ligneuse, comme le *Polyphorus destructor,* qui n'ont pas manifesté la fermentation alcoolique dans les conditions indiquées, c'est que ces champignons ne contenaient pas de matière sucrée, du moins je n'ai pas pu y en trouver. Dans ces espèces le sucre paraît remplacé par un acide, quelquefois très-abondant, dont je n'ai pas examiné la nature.

Il n'est pas étonnant de voir l'hydrogène brûlé, à l'état naissant, par l'oxygène atmosphérique, puisque, selon de Saussure ([1]), l'acide carbonique dégagé par les plantes peut lui-même produire cet effet: il avait placé des plantes dans l'hydrogène; ce gaz a été transformé en eau par l'acide carbonique dégagé qui, lui-même, passait à l'état d'oxyde de carbone. Dans les champignons cette combustion par l'acide carbonique ne se produit pas; je n'ai jamais observé de production d'oxyde de carbone.

Il est facile d'expliquer pourquoi Marcet arrive à des résultats contradictoires. Si, dans certaines expériences, il obtient de l'hydrogène, c'est qu'il opère en présence de très-peu d'air dont l'oxygène est rapidement enlevé; on est alors dans le cas d'un milieu non comburant; au contraire, chaque fois qu'il emploie de grandes cloches, le champignon se trouve, pendant toute la durée de l'expérience, en présence d'un excès d'oxygène. Le dégagement d'hydrogène observé dans l'eau tient à la suppression de l'air; le cas est alors le même que dans un gaz inerte. Si, dans l'azote, Marcet n'a pas observé de production d'hydrogène, cela tient probablement à ce qu'il mettait le

---

([1]) *Recherches chimiques sur la végétation*, p. 209.

champignon en présence d'un trop grand volume de gaz : la petite quantité d'hydrogène produite, se trouvant mélangée à beaucoup d'azote, aura pu lui échapper. L'emploi de l'acide carbonique a l'avantage de permettre de concentrer l'hydrogène dans un petit volume.

Les champignons en général, placés dans les conditions normales, c'est-à-dire dans l'air ou dans un liquide aéré, absorbent l'oxygène et dégagent un volume égal d'acide carbonique. La levûre de bière, cependant, fait exception à cette règle. J'ai fait un grand nombre d'essais pour faire rentrer la levûre dans le vaste groupe caractérisé par la combustion complète. Quoique toutes ces expériences aient donné des résultats négatifs, j'en rapporterai quelques-unes pour montrer la direction donnée à mes recherches.

La levûre du commerce est très-impure ; elle contient, outre une quantité notable d'amidon, les germes d'organismes étrangers. J'ai donc dû, avant de commencer mes recherches, préparer une levûre qui se rapprochât le plus possible de la pureté. L'infusion d'orge germée m'a servi de milieu pour y développer la levûre. De petites cuvettes de photographie, recouvertes de plaques de verre, étaient placées dans une caisse en bois recouverte elle-même d'une plaque de verre ; les cuvettes contenaient du moût de bière. Tout étant ainsi disposé, on a placé, pendant deux heures, la caisse dans une étuve chauffée à 100 degrés ; on a ensuite laissé refroidir, et, en soulevant légèrement les plaques de verre, on a semé une trace de levûre ordinaire dans le liquide. Au bout de deux ou trois jours, les globules semés se sont multipliés. On a alors refait l'opération sur du moût disposé de la même manière, en se servant, pour l'ensemencer, d'une goutte du liquide précédent rempli de cellules de levûre. Cette seconde culture, déjà assez pure, a servi à ensemencer du moût préalablement bouilli, contenu dans de grands ballons.

Le contact de l'air ordinaire a été évité autant que possible. Dans ces ballons il s'est développé, au bout de dix à quinze jours, une notable quantité de levûre qui, examinée au microscope, s'est montrée sensiblement pure; on n'a pu y découvrir, comme organismes étrangers, que quelques rares vibrions lactiques et quelques cellules de *mycoderma vini*. Cette levûre, rapidement jetée sur un linge et exprimée, a servi aux expériences que je vais décrire. Quoique sa pureté n'ait pas été absolue, elle a paru suffisamment dépourvue de germes étrangers pour que les résultats obtenus n'en fussent pas affectés.

Pour voir si la levûre possède la faculté d'opérer la combustion complète quand on la met avec l'oxygène en excès, on recueillait l'acide carbonique produit aux dépens d'une quantité connue de glucose. S'il se produit une combustion complète aux dépens d'une petite quantité de glucose seulement, l'acide carbonique augmente dans une forte proportion. Ainsi, chaque milligramme de glucose, passant par la fermentation alcoolique, fournit $0^{mg},49$ d'acide carbonique (chiffre théorique), tandis que, brûlant complétement, il en donne trois fois autant, c'est-à-dire $1^{mg},47$. Il était donc facile de constater, par la quantité d'acide carbonique produit, si un effet comburant avait lieu.

Le glucose employé avait été préparé au moyen du sucre interverti ; il avait subi deux cristallisations dans l'alcool et était complétement débarrassé de lévulose ; son pouvoir rotatoire a été trouvé égal à + 55.

12 *juin* 1874. — 1 gramme de glucose, contenant $0^{gr},992$ de glucose réel et $0^{gr},008$ d'eau, a été dissous dans 40 centimètres cubes d'eau ; la solution a été placée dans une éprouvette assez étroite ; on y a ajouté $0^{gr},5$ de levûre, contenant levûre sèche, $0^{gr},080$. Un bouchon en caoutchouc, à 2 tubulures, fermait cette éprouvette ; un tube plongeant jusqu'au fond amenait le gaz oxygéné ; un tube

abducteur communiquait avec une série d'appareils destinés à absorber l'eau et l'acide carbonique. L'éprouvette plongeait dans un bain d'eau qu'un thermo-régulateur de M. Schlœsing maintenait à la température de 32 degrés. Pendant vingt-quatre heures on a fait passer un courant de gaz composé de 60 parties d'oxygène et de 40 parties d'azote, qui se dépouillaient préalablement des traces d'acide carbonique qu'ils pouvaient contenir en passant sur de la ponce potassée. Le tube qui amenait ce gaz plongeait jusqu'au fond de l'éprouvette, traversait le liquide sucré dans toute sa hauteur et maintenait, par les bulles de gaz qu'il dégageait, la levûre en suspension. A la fin de l'expérience on a porté la température à 80 degrés, tant pour arrêter la fermentation que pour dégager l'acide carbonique dissous dans le liquide.

Au bout de vingt-quatre heures, on a retrouvé :

Glucose non détruit par la fermentation . . 0gr, 179 (1)

et l'on a obtenu :

Acide carbonique. . . . . 0gr, 380.

Dans son mémorable travail sur la fermentation alcoolique, M. Pasteur a trouvé expérimentalement que la quantité d'acide carbonique produite était toujours inférieure à celle que la théorie de Lavoisier indiquerait. J'ai adopté, comme caractérisant une fermentation alcoolique normale, les chiffres que donne M. Pasteur (1) pour des expériences faites à l'abri de l'air.

Pour une quantité de glucose égale aux 0gr, 813 de glucose disparus dans cette expérience, M. Pasteur aurait eu : acide carbonique, 0gr, 3803. C'est exactement le chiffre

(1) Dosé par la liqueur de Fehling.

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. LVIII, p. 348.

que j'ai obtenu ; l'action du courant d'oxygène a donc été nulle.

16 juin 1874. — Même mode d'opérer que dans l'expérience précédente :

Glucose réel employé..........	$0^{gr},947$
Levûre supposée sèche...........	0,080

Température 30°.
Durée de l'expérience : 28^{h}.

Le gaz qui passait contenait 80 pour 100 d'oxygène et 20 d'azote. On a obtenu :

Acide carbonique..............	$0^{gr},440$

Tout le glucose avait disparu.

Dans une fermentation normale on aurait, d'après les résultats obtenus par M. Pasteur :

Acide carbonique équivalant au glucose disparu.	$0^{gr},443$

Ici encore aucune combustion ne s'était produite, quoique les conditions aient été exceptionnellement favorables.

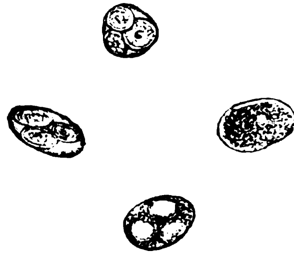
D'autres expériences semblables, faites en employant soit un courant d'air, soit un courant d'oxygène ne contenant que très-peu d'azote, ont donné les mêmes résultats.

Ainsi la levûre de bière a refusé, même étant placée dans les conditions les plus favorables, de fonctionner comme les autres champignons. Elle n'a pas produit la combustion complète, même en présence d'un grand excès d'oxygène.

L'examen microscopique était fait après chaque opération ; dans les cas où ces expériences ont été de courte durée, la levûre n'avait subi aucun changement sensible ; mais quand le gaz oxygéné traversait pendant plusieurs jours le liquide, tenant la levûre en suspension, celle-ci

changeait notablement d'aspect; on voyait en outre apparaître de nombreuses cellules de *mycoderma vini*, dont le germe préexistait dans la levûre et dont le développement aura été favorisé par le contact de l'oxygène. Un grand nombre de cellules de levûre s'étaient modifiées; elles offraient des cloisons qui simulaient des vacuoles et qui se transformaient souvent en des corps ovoïdes, ordinairement au nombre de trois, qui remplissaient la cellule (*fig.* 3).

Fig. 3.



M. Rees, dans un remarquable travail sur les champignons de la fermentation alcoolique ([1]), a décrit ce phénomène avec beaucoup de détails. Les ascospores observés répondent entièrement à ceux que M. Rees obtenait en faisant végéter la levûre sur un milieu très-pauvre, en présence de l'air, et que M. Engel ([2]) a réussi à reproduire en maintenant la levûre sur du plâtre humide. Les conditions dans lesquelles j'ai opéré diffèrent de celles de ces deux expérimentateurs; en effet, dans mes expériences, la levûre était immergée.

Cependant le passage rapide d'air ou d'oxygène pouvait remplacer le contact constant de l'air et ces résultats fournissent une preuve de plus que la sporulation de la levûre

---

([1]) *Alkoholgaerungs pilze*, Leipzig, 1870.
([2]) Thèses de Paris.

a besoin d'oxygène pour se produire ; elles font aussi penser, comme M. Rees l'affirme, qu'un milieu pauvre est favorable à cet acte, puisque je n'ai jamais pu observer cette sporulation qu'après la destruction à peu près totale du sucre et dans un milieu très-peu alcoolique.

S'il était possible de préparer une quantité notable de levûre en train de fructifier, on pourrait espérer, en la plaçant dans un liquide fermentescible, de produire la combustion complète à laquelle la levûre ordinaire se refuse. On serait alors dans les conditions des champignons en général, chez lesquels la fonction de la combustion complète est concomitante de la fructification. On peut donc penser que le résultat négatif qu'a fourni la levûre vient de la difficulté de l'obtenir dans les conditions de la sporulation.

La levûre employée dans ces recherches ne contenait pas de spores de *Penicillium* et, après le passage, même prolongé, d'un courant d'air ou d'oxygène filtré, ce champignon n'a pas fait son apparition. Si une transformation de la levûre en *Penicillium* était possible, c'est dans les conditions de ces expériences qu'elle aurait le plus de chances de se réaliser. Ce fait vient donc à l'appui de l'opinion adoptée par M. Pasteur.

Ce travail a été fait dans le laboratoire de M. Boussingault qui a bien voulu m'aider de ses conseils dans le cours de ces recherches.

VÉGÉTATION DU MAIS,

COMMENCÉE

DANS UNE ATMOSPHÈRE EXEMPTE D'ACIDE CARBONIQUE.

Lorsqu'une graine est placée dans un sol humide, le premier symptôme de la vie végétale, la germination, ne tarde pas à se manifester. La radicule apparaît d'abord, puis la tigelle; la gemmule se tuméfie et, de ses lobes, sortent des feuilles à l'état rudimentaire. En suivant le germe pendant ces évolutions, on constate que de l'oxygène de l'air est transformé en acide carbonique. Bientôt la tige porte des feuilles colorées en vert. L'appareil aérien est constitué pour remplir une fonction opposée à celle de l'appareil souterrain, la racine. En effet, les feuilles, pendant le jour, prélèvent du carbone sur l'atmosphère; aussi l'organisme augmente-t-il de poids. En l'absence de la lumière, c'est le contraire qui a lieu; les feuilles mêmes perdent du carbone comme en perdent l'embryon et les racines. Aussi une plante, durant son existence, est-elle soumise à deux forces antagonistes, mais inégales, tendant, l'une à lui enlever, l'autre à lui fournir de la matière. Dans l'obscurité, seule, la force éliminatrice persiste. Ainsi des pois, du froment, mis à germer dans une chambre noire, ont donné, en six semaines, la température étant de 15 à 20 degrés, des plants grêles, rampants, à peine colorés, gorgés d'eau et ne renfermant pas au delà des 0,40 du carbone initial de la graine.

L'indice de l'assimilation, de l'accroissement, est donc, dans les végétaux supérieurs, la coloration des feuilles, en

un mot, l'apparition de la chlorophylle. De ces faits que j'ai dû rappeler sommairement, il résulte que, la lumière n'agissant qu'en présence de l'acide carbonique, une plante dans une atmosphère exempte de ce gaz devrait se comporter comme si elle était plongée dans l'obscurité. Cependant, dans cette situation, il est telle semence qui donne naissance à un végétal portant des feuilles colorées en vert et, dans une certaine limite, se développant comme à l'air libre, source intarissable d'acide carbonique. On doit alors se demander comment s'accomplit cette végétation, comment s'organisent les tiges, les feuilles dans un milieu privé de carbone? L'expérience que je vais décrire répondra, je crois, à cette question.

Dans un flacon plein d'air privé d'acide carbonique, d'une capacité de 10 litres, fermant à l'émeri, au fond duquel on avait déposé une couche de sable quartzeux, lavé, calciné, humecté ensuite avec de l'eau distillée et bouillie pour en expulser les gaz, on a mis deux grains de maïs pesant ensemble $0^{gr},846$.

Deux autres graines de même origine, du poids de $0^{gr},885$, ont été analysées.

I. — *Dosage de l'eau.*

	gr
Graines	0,885
Après dessiccation	0,777
Eau	0,108

On trouva, pour la composition du maïs sec :

	gr
Carbone	0,4447
Hydrogène	0,0636
Oxygène	0,4583
Azote	0,0154
Cendre	0,0180
	1,0000

Le 1er août, on avait introduit dans le flacon les deux graines pesant 0gr,846; desséchées, elles eussent pesé 0gr,7428 et auraient contenu :

	gr
Carbone	0,2303
Hydrogène	0,0473
Oxygène	0,3404
Azote	0,0114
Cendres	0,0134
	0,7428

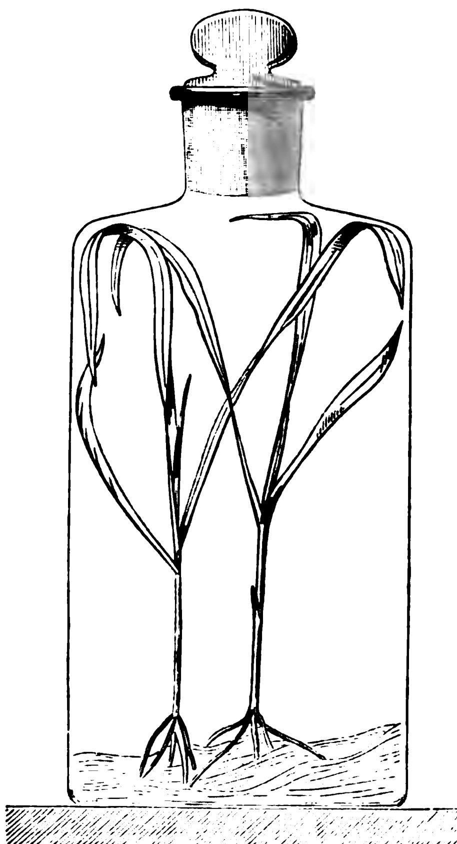
Les graines commencèrent à germer deux jours après avoir été enfouies dans le sable humide. Les plants se développèrent comme ils l'eussent fait à l'air libre.

Le 15 septembre au matin, chaque plant de maïs portait trois feuilles bien constituées, d'un vert foncé, et une feuille naissante. Les tiges avaient 24 centimètres de hauteur. Ainsi qu'il arrive dans un sol pauvre, les racines prirent une extension extraordinaire; une des fibres, détachée du chevelu, mesurait 40 centimètres. On ne voyait aucune moisissure. La capacité limitée de l'appareil devint un obstacle à l'extension du végétal; les feuilles, à leur extrémité, se repliaient sur elles-mêmes, ainsi que l'indique la *fig.* 1. Les substances minérales appartenant aux semences devaient être utilisées; la végétation eût bientôt langui, et il serait arrivé ce que, maintes fois, j'ai observé. qu'un des plants, en mourant, aurait servi d'engrais au plant survivant. On mit fin à l'expérience.

Des graines il ne restait plus que les épidermes vides : l'amidon, l'huile grasse, l'albumine qui en remplissaient les cellules avaient été modifiés ou brûlés par une sorte de combustion respiratoire, et c'est sur l'un des produits de cette combustion, l'acide carbonique, que les feuilles pourvues de chlorophylle avaient agi pour en réintégrer

le carbone dans l'ensemble de l'organisme qu'elles créaient avec le concours de la lumière. C'est ce qu'établit nette-

Fig. 1.



ment la composition de la récolte mise en regard de la composition des semences.

Les plants, après dessiccation à l'étuve, ont pesé $0^{gr},6894$.

Par leur combustion, on a obtenu :

	gr		gr
Acide carbonique.	1,117	Carbone. . . .	0,3046
Eau.	0,3845	Hydrogène. .	0,0487
Cendres.			0,0138
Azote (1)			0,0114
Oxygène (par différence).			0,3109
			0,6894

Comparant la composition des plants secs à celle des graines sèches, on a :

		Carbone.	Hydrogène.	Oxygène.	Azote.	Cendres.
	gr	gr	gr	gr	gr	gr
Grains . . .	0,7428	0,3303	0,0473	0,3404	0,0114	0,0134
Plants	0,6894	0,3046	0,0487	0,3109	0,0114	0,0138
Différence.	—0,0534	—0,0257	+0,0014	—0,0295	0,0000	—0,0[illegible]4

Durant cette végétation, il n'y a pas eu acquisition, mais perte de matière. On a dosé dans les plants développés en six semaines 0gr,0257 de carbone de moins que dans les graines. Il était resté, par conséquent, 4 centimètres cubes de gaz acide carbonique dans l'air ambiant ou dans l'eau imprégnant le sol et le tissu végétal. Il paraît évident que si, au lieu d'enlever les plantes de l'appareil le matin du 15 septembre, on les eût enlevées le soir, la perte en carbone aurait été moindre, parce que les feuilles en eussent assimilé pendant toute la durée du jour.

Ce que montre clairement cette expérience, c'est qu'une graine placée dans un sol stérile supportant une atmosphère stérile constitue d'abord, en germant, une atmosphère fertile, c'est-à-dire une atmosphère renfermant du carbone, au sein de laquelle, avec le concours de la lu-

(1) Ne disposant que de peu de matière, on n'a pu doser l'azote dans les plants de maïs ; on a supposé que dans la récolte il entrait la même quantité d'azote que dans les graines.

mière, les feuilles organisent de la chlorophylle et ensuite des matières amylacées et saccharines.

Dans une végétation normale, les feuilles ne se bornent pas à pourvoir la plante de carbone, centre et, en quelque sorte, pivot de tous les principes immédiats; par l'aspiration qu'occasionne leur transpiration, elles amènent dans le végétal l'eau et les substances fertilisantes disséminées dans le sol : l'azote assimilable des nitrates et de l'ammoniaque, les bases alcalines, les phosphates. Il y a plus, ainsi que j'ai pu le reconnaître, les feuilles absorbent les composés ammoniacaux concrets dissous dans la rosée déposée à leur surface, et, d'après les récents travaux de M. Schlœsing, les vapeurs ammoniacales répandues dans l'air.

Les plantes récoltées après une végétation commencée dans une condition anormale devaient renfermer du sucre interverti et de la saccharose, puisqu'on a trouvé ces sucres dans des plants de maïs venus dans les mêmes circonstances. C'est que ces végétaux, malgré la faiblesse de leur constitution, étaient verts et complétement organisés. Or on sait, par des observations dues aux physiologistes les plus éminents, et je citerai Mohl, Nägeli, Hofmeister, Sachs, que les feuilles pourvues de granules de chlorophylle, exposées à la lumière, au contact de l'acide carbonique et de l'eau, donnent naissance à de l'amidon, à des sucres et autres substances analogues, telles que la mannite, la lactine, en même temps qu'à une émission d'oxygène. La présence ou l'absence de protoplasma coloré en vert établit donc réellement deux ordres de cellules : celles qui introduisent de la matière dans l'organisme, celles qui n'en introduisent pas, mais dans lesquelles les principes formés sous la double influence de la chlorophylle et de la lumière subissent, ainsi que les albuminoïdes, de profondes modifications, soit par oxydation, soit par l'intervention de ferments diastasiques. J'irai plus loin, en ad-

mettant que les changements accomplis dans les cellules végétales dépourvues de chlorophylle ont lieu aussi dans les cellules épidermiques et dans les fluides du règne animal : c'est pourquoi le foie, les poumons, le sang, le lait contiennent de la graisse, des sucres, de l'inosite, du glycogène découvert par notre illustre confrère, M. Claude Bernard, et dont les propriétés, comme la composition, sont celles de l'amidon. Enfin, du manteau des crustacés, des arachnides, on retire de la cellulose ([1]).

Ces substances procèdent vraisemblablement des principes constitués dans la feuille, et dans une cellule sans chlorophylle, dans une cellule animale, la saccharose peut devenir du sucre interverti; l'amidon, un corps gras; le glucose, de la dextrine; mais ces cellules ne sauraient engendrer aucune de ces substances; entendant ici par création la faculté de faire entrer dans les êtres qui végètent ou qui respirent des éléments inertes, des éléments minéraux empruntés à l'air, à l'eau, à la terre. Cette puissance créatrice, seul, le végétal la possède. C'est ce que nous avons exprimé, M. Dumas et moi, en disant : « Les animaux ne créent pas, ils transforment uniquement les principes élaborés par les plantes.

Sans doute, il est des plantes d'un ordre inférieur qui n'ont nul besoin de chlorophylle, ni de la radiation solaire, pour édifier les matériaux que l'on trouve dans les êtres supérieurs du règne végétal; mais il n'est aucune cellule vivante, si elle ne possède la faculté de dissocier le gaz acide carbonique, qui puisse constituer de toutes pièces un principe immédiat carboné. Il est d'ailleurs facile de prouver que le rôle du protoplasma coloré en vert, que

---

([1]) Dans le sang d'oiseaux, la moyenne de 12 dosages a été de 0,005 de graisse. La nature de l'alimentation n'a pas eu d'influence sur les proportions des matières grasses. Le maximum 0,007 a été fourni par le sang d'un pigeon privé de nourriture depuis plusieurs jours.

l'on considère comme l'organe de l'assimilation dans les feuilles fonctionnant à la lumière, s'étend indirectement, mais s'étend certainement aux organes des plantes dépourvues de chlorophylle et vivant dans l'obscurité.

Afin d'être compris, je dois prendre la question d'un peu haut et, pour point de départ, le résultat d'une expérience heureuse, exécutée en 1856, il y a vingt ans.

Deux graines d'*Helianthus argophyllus* avaient été déposées dans du sable quartzeux préalablement calciné, humecté ensuite avec de l'eau distillée. On incorpora au sol du nitrate de potasse, du phosphate de chaux basique, des cendres blanches siliceuses obtenues de la combustion du foin de prairie. En quatre-vingt-douze jours, les tiges, les feuilles, les fleurs des deux plants acquirent les mêmes dimensions, la même vigueur que celles d'un *Helianthus* cultivé sur la plate-bande d'un jardin pour avoir un terme de comparaison.

En terminant le récit de cette observation, je faisais remarquer combien il était curieux de voir une plante germer, mûrir, en un mot parvenir à un développement normal, quand ses racines fonctionnaient dans du sable, contenant à la place des débris organiques en voie de décomposition, de putréfaction, qu'on rencontre dans une terre végétale fertile, des sels d'une grande pureté tirés du règne minéral, et, sans autres auxiliaires, croître progressivement, en assimilant le carbone de l'atmosphère, en organisant, avec le radical de l'acide nitrique, de l'albumine, de la caséine, c'est-à-dire les principes azotés du lait, du sang, de la chair musculaire.

A la vérité, des plantes pouvant vivre à l'obscurité sont aptes à produire les mêmes matières carbonées (à l'amidon près) que celles qui ont besoin du concours de la lumière, mais cette production se réalise dans des conditions bien différentes. Dans un cas, le carbone a pour origine l'acide carbonique de l'air; dans l'autre, un être organisé vivant

ou mort. En d'autres termes, les plantes sans chlorophylle, telles que les champignons, les cellules de levûre, les mucédinées, sont des parasites dont l'existence dépend d'un organisme qui leur est étranger. Lorsque le parasite envahit un végétal vivant, on conçoit qu'il y prélève tout ce dont il a besoin; mais, s'il est établi sur un végétal mort, on serait embarrassé pour expliquer comment il trouve les substances azotées nécessaires à sa croissance, si les recherches classiques de M. Pasteur n'avaient appris que la formation, l'accroissement de la cellule des ferments ne dépendent pas nécessairement des matières albumineuses et qu'il suffit qu'un composé carboné, le sucre par exemple, soit en relation avec un sel à base d'ammoniaque pour qu'il y ait dans la cellule apparition de protoplasma: ainsi un champignon puiserait, par son mycélium pénétrant dans des détritus de végétaux ou d'animaux, des sels ammoniacaux et d'autres principes formés par des organismes antérieurs.

Dans la végétation accomplie en dehors de la lumière, les cellules de la levûre de bière transforment le sucre en alcool, en acide carbonique, en acide succinique, en glycérine, en même temps que, par l'albumine que contient le liquide en fermentation, par les substances minérales introduites avec le ferment, de nouvelles cellules prennent naissance. C'est dans le cours de ces recherches que M. Pasteur a fait voir, par une expérience des plus ingénieuses, que la matière albumineuse du milieu pouvait être remplacée par un autre corps azoté, par de l'ammoniaque.

C'est ainsi que les globules de levûre se multiplient dans de l'eau tenant en dissolution du sucre, des cendres de levûre apportant des phosphates et d'autres sels alcalins, du tartrate d'ammoniaque. C'est encore ainsi que M. Raulin a obtenu en quelques jours une abondante récolte d'*Aspergillus*, en projetant quelques spores de cette mucédinée dans de l'eau tenant en solution du sucre

candi, du tartrate d'ammoniaque et en outre des phosphates alcalins et terreux, de la silice, de très-faibles doses d'oxyde de fer et de zinc.

De ces observations on a tiré naturellement cette conséquence que les globules de levûre, les mucédinées, en un mot, les parasites atteignent un complet développement dans un milieu artificiel ne renfermant autre chose que des composés chimiques définis et cristallisés.

A la première vue, on pourrait croire qu'il y a identité dans ces résultats et celui fourni par la culture de l'*Helianthus argophyllus*. La différence est grande cependant. L'*Helianthus* a pris tous ses éléments carbonés constitutifs dans ce qu'on peut appeler le *monde extérieur :* le carbone, dans l'atmosphère ; l'hydrogène, l'oxygène dans l'eau. Les parasites, au contraire, ont pris le carbone dans des substances qui, tout en ayant une composition chimique définie, tout en étant cristallisées, proviennent néanmoins d'un organisme végétal ; car, en définitive, le sucre, l'acide tartrique, intervenus dans les expériences de MM. Pasteur et Raulin, ont été indubitablement formés dans une plante à chlorophylle, sous l'influence de la radiation solaire ; leur carbone, et l'on peut en dire autant du carbone appartenant aux débris, aux détritus des végétaux ou des animaux sur lesquels vivent les champignons, les moisissures, dérive, par conséquent, de l'acide carbonique de l'atmosphère. L'existence de ces parasites dans un lieu obscur où leurs cellules forment des principes immédiats semblables à ceux produits à la clarté du jour par les plantes à protoplasma vert, loin d'être une exception, est, comme on l'a dit, une confirmation des rapports nécessaires de la lumière avec la végétation. Je termine par cette réflexion : Si la radiation solaire cessait, non-seulement les plantes à chlorophylle, mais encore les plantes qui en sont dépourvues, disparaîtraient de la surface du globe.

Tout en reconnaissant que la décomposition du gaz acide carbonique par la chlorophylle est le fait capital de la vie végétale, M. Pasteur n'admet pas que la formation de tous les organismes soit nécessairement subordonnée à l'action de la lumière. Sans la radiation l'existence des grands végétaux deviendrait impossible, mais celle de certains êtres pourrait encore se manifester; M. Pasteur donne, comme exemple, des cellules se développant aux dépens de produits qu'on obtient de simples réactions chimiques. Je citerai textuellement les paroles que cet éminent observateur prononça après avoir entendu la lecture de mon Mémoire :

« Une graine impondérable de *mycoderma aceti,* déposée dans un milieu minéral où l'aliment carboné unique est une substance organique très-éloignée de l'organisme, puisque cette substance est de l'alcool, fournit un poids de matière organique quelconque, formée des principes immédiats les plus variés et, qu'on le remarque bien, infiniment plus complexes que l'aliment carboné, l'alcool, dont tout le carbone de ces principes est sorti sous l'influence de la vie de la semence (1). »

A cela je réponds, en restant strictement dans les limites d'une question de Physiologie, que les faits rapportés par M. Pasteur rentrent dans la règle générale: car l'acide acétique développé dans le milieu où fonctionnait le *mycoderma* venait de l'alcool; or cet alcool dérivait de sucre constitué par une plante à chlorophylle exposée au soleil; d'où il suit que le carbone de ce sucre, comme celui des autres matières carbonées apparues pendant la fermentation acétique, avait été séparé de l'acide carbonique atmosphérique par l'action de la lumière (2).

(1) *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences,* séance du 10 avril 1876.

(2) *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences,* séance du 24 avril 1876.



RECHERCHES SUR LA MANNITE,

AU POINT DE VUE DE SES PROPRIÉTÉS OPTIQUES;

PAR MM. A. MÜNTZ ET E. AUBIN.

La mannite ne possède pas de pouvoir rotatoire appréciable; cependant un pouvoir rotatoire latent paraît exister en elle : en effet, ses dérivés sont généralement optiquement actifs, et elle peut le devenir elle-même sous l'influence de certains sels.

M. Loir a, le premier ([1]), appelé l'attention sur l'action qu'exercent sur la lumière polarisée les dérivés de la mannite; il a pensé que la mannite elle-même devait être active, quoique d'une manière tellement faible que les moyens d'observation habituels ne suffisaient pas pour le constater.

Plus tard, M. Vignon ([2]) a constaté que le borax, qui, suivant Biot, augmente dans une forte proportion le pouvoir rotatoire de l'acide tartrique, a une action remarquable sur la mannite en y développant, par sa présence, un pouvoir rotatoire dextrogyre assez élevé. M. Vignon conclut de ses expériences que la mannite possède un pouvoir rotatoire dextrogyre de $0^\circ,8$. Cependant il ne vérifie pas son hypothèse par une observation directe, croyant avec raison, selon nous, qu'en augmentant la longueur de la colonne de liquide et la proportion de mannite dissoute, les erreurs attribuables à des traces d'impuretés augmenteraient dans le même rapport que la déviation mesurée et que, par suite, en opérant sur une longue colonne de

([1]) *Bulletin de la Société chimique de Paris*, 1861, p. 113.
([2]) *Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. II, p. 433.

liquide, la sécurité n'était pas plus grande qu'en observant sous une épaisseur moindre.

M. G. Bouchardat, qui a étudié un grand nombre de dérivés de la mannite ([1]), a constamment trouvé qu'ils possédaient l'activité optique. Dans des expériences faites sur des mannites de diverses provenances, il a constaté que non-seulement le borax, mais aussi d'autres borates faisaient naître dans ce sucre une action dextrogyre, tandis que la soude lui imprimait un pouvoir rotatoire lévogyre.

M. Bouchardat s'est efforcé de déterminer directement le pouvoir rotatoire de la mannite. Ses premières expériences, faites, cependant, dans des conditions assez favorables (longueur de la colonne observée, 400 millimètres; mannite pour 100 de dissolution, 33), ne lui ont pas donné un résultat favorable à l'existence de l'activité optique. Cependant ses expériences ultérieures, faites en observant des dissolutions de mannite sous une épaisseur de 3 mètres, lui font admettre qu'elle exerce, comme M. Bichat l'avait pensé, une action réelle, quoique très-faible. M. Bouchardat conclut de ses déterminations que la mannite possède un pouvoir rotatoire lévogyre de 0°,25. Mais nous retrouvons ici l'objection qui a fait reculer M. Vignon devant l'observation directe. Il suffit, en effet, d'une trace de matière lévogyre ou même d'une trace de certaines substances minérales inactives, contenues à l'état d'impureté dans la mannite, pour produire une déviation de l'ordre de grandeur des déviations obtenues par M. Bouchardat. Nous hésitons donc à adopter sa manière de voir, et nous considérons la mannite comme un corps ne possédant pas d'action sur la lumière polarisée, mais pouvant en acquérir une sous certaines influences.

Nous nous appuyons dans cette appréciation sur les analogies qu'offre la mannite avec la dulcite et la sorbite.

([1]) *Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. VI, p. 100.

Les borates ne sont pas les seuls sels qui développent dans la mannite l'activité optique : le carbonate et le sulfate de soude, le chlorure de sodium, etc., jouissent de la même propriété.

Exemples. — La dissolution contient pour 100 :

	Déviation.
1. Mannite, 10	—0,1
2. Mannite, 10; carbonate de soude supposé anhydre, 15	+4,5
3. Mannite, 10; chlorure de sodium sec, 25	+1,8
4. Mannite, 10; sulfate de soude supposé anhydre, 12	+0,7

M. Bouchardat a trouvé que le borate de soude forme avec la mannite une véritable combinaison. Nous ne pensons pas que tel soit le cas avec tous les sels qui rendent la mannite active. Il suffit, en effet, d'évaporer à sec le mélange des deux substances et de traiter par l'alcool bouillant le résidu pulvérisé pour en éliminer la mannite.

Les alcalis, potasse, soude, chaux, magnésie, baryte, etc., développent un pouvoir rotatoire lévogyre. Mais là encore ce n'est que par leur présence qu'agissent les alcalis, sans imprimer une modification permanente à la mannite. En effet, il suffit de saturer l'alcali pour que le pouvoir rotatoire lévogyre disparaisse et que l'on voie apparaître à la place une légère déviation s'exerçant à droite et due à l'action sur la mannite du sel qui prend naissance par la saturation.

L'ammoniaque, contrairement aux autres alcalis, fait dévier à droite.

Exemples. — La dissolution contient pour 100 :

	Déviation.
1. Mannite, 10	—0,1
2. Mannite, 10; potasse caustique hydratée, 10 ..	—4,0
Après saturation par l'acide acétique	+1,0

		Déviation.
3.	Mannite, 10; soude caustique hydratée......	—4,5
	Après saturation par l'acide acétique.........	+1,2
4.	Mannite, 10; chaux supposée anhydre, 1,995 (1).	—1,2
	Après saturation par l'acide acétique........	+0,1
5.	Mannite, 10; magnésie, 0,05 (2)..........	+0,4
	Après saturation par l'acide acétique........	+0,1
6.	Mannite, 10; baryte jusqu'à saturation.......	+0,8
7.	Mannite, 10; ammoniaque à 95 degrés de densité, 60................................	+1,0

Les acides, même existant en forte proportion dans la dissolution de mannite, ne paraissent pas produire une action du même genre sur ce sucre.

Exemples. — La dissolution contient pour 100 :

		Déviation.
1.	Mannite, 10...........................	0,0
2.	Mannite, 10; acide sulfurique SO^3,HO, 25....	—0,1
3.	Mannite, 10; acide acétique cristallisable, 20..	0,0

La mannite sur laquelle ont porté ces essais était obtenue par la fermentation; celle extraite des champignons donne le même résultat. On doit, pensons-nous, considérer ce corps comme doué d'un pouvoir rotatoire dissimulé, et lui appliquer les mêmes idées qu'aux autres corps, présentant les phénomènes de dyssimétrie moléculaire.

La mannite, qui paraît sans action par elle-même sur la lumière polarisée, a donc la propriété d'acquérir, sous l'influence de certains corps et sans subir de modification moléculaire durable, un pouvoir rotatoire qui, tantôt

(1) La dissolution de mannite avait été agitée avec un excès de chaux éteinte. M. Berthelot a montré (*Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. XLVI, p. 173) qu'une dissolution de mannite dissout la chaux.

(2) La dissolution de mannite a été agitée avec un excès de magnésie calcinée.

s'exerce à droite, tantôt à gauche. Cette propriété peut être caractérisée par la dénomination de *pouvoir rotatoire indifférent* et s'appliquer aux corps qui, selon les influences, ou bien n'ont aucune action sur la lumière polarisée, ou bien peuvent en acquérir une, tantôt lévoygre, tantôt dextrogyre, et cessant dès que la cause agissante disparaît, ce corps se retrouvant, après l'élimination de la substance qui provoque l'action, absolument identique à ce qu'il était à l'origine. Il est utile de rappeler ici, comme offrant de l'analogie avec les faits que nous décrivons, que déjà Biot ([1]) avait observé qu'un même corps (l'acide tartrique droit) pouvait avoir, d'une manière passagère, son pouvoir rotatoire considérablement augmenté ou diminué jusqu'à changer de sens, et que M. Pasteur ([2]) a vu l'asparagine, l'acide aspartique, l'acide malique présenter, suivant les corps en présence, une action dextrogyre ou lévogyre.

M. Pasteur, dans une série de Mémoires qui font époque dans la Science ([3]), a montré qu'un certain nombre de corps actifs ont deux homologues de propriétés à peu près identiques, l'un d'une action inverse sur la lumière polarisée, l'autre sans action. Dans la série des alcools supérieurs formant les matières sucrées, le glucose est l'exemple le plus frappant de ce fait : il existe à l'état dextrogyre, à l'état lévogyre et à l'état inactif. D'un autre côté, on sait qu'un corps actif qui a pour origine un autre corps actif dévie dans le même sens que le corps qui lui a donné naissance le rayon de la lumière polarisée ; à moins toutefois que la constitution moléculaire n'ait été modifiée par une réaction trop énergique.

En appliquant ces deux ordres d'idées à la mannite qu'on peut obtenir en traitant certains sucres du genre des hy-

---

([1]) *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. XXVIII, p. 374.
([2]) *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. XXXI, p. 67.
([3]) *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série.

drates de carbone par l'hydrogène naissant ([1]), nous nous sommes posé le problème suivant :

Étant donnée de la mannite obtenue par l'hydrogénation d'un sucre dextrogyre, d'un sucre lévogyre et d'un sucre neutre, rechercher si les propriétés optiques de chacune des mannites ainsi produites sont en rapport avec les propriétés optiques du sucre générateur.

Voici les expériences faites pour résoudre cette question :

On a opéré sur le sucre interverti, sur le glucose et la lévulose préparés au moyen du sucre interverti, sur la lévulose obtenue de l'inuline du dahlia, et sur le glucose inactif de Mitscherlich.

L'hydrogénation était produite par de l'amalgame de sodium contenant de 1 à 1,5 de sodium pour 100. Pour avoir une grande surface de l'amalgame en contact avec le liquide sucré, on s'est servi de très-larges cuvettes de photographie; on saturait plusieurs fois par jour la soude formée au moyen de l'acide sulfurique dilué. Le liquide était examiné de jour en jour au point de vue de ses propriétés optiques; la liqueur de Fehling montrait quelle quantité de sucre réducteur restait dans la liqueur.

Les pouvoirs rotatoires obtenus de cette manière ne peuvent pas être considérés comme très-exacts. En effet, le dosage par la liqueur cuivrique, tel qu'il a été pratiqué, ne permet pas une évaluation très-rigoureuse de la quantité de sucre réducteur; d'un autre côté, les sels existant dans la dissolution, augmentant en proportion à mesure que l'hydrogénation avançait, influaient diversement sur les matières en présence, sucre réducteur et mannite, abaissant généralement le pouvoir rotatoire du premier, développant chez le second un pouvoir rotatoire dextrogyre.

([1]) Linnemann, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, juillet 1862.

Il pouvait en outre se produire des corps intermédiaires, possédant une action sur la lumière polarisée. Ces diverses influences cependant ne sauraient être très-considérables et les nombres que nous donnons n'en représentent pas moins la marche de l'ensemble du phénomène. Quand la déviation était assez considérable, on calculait le pouvoir rotatoire; lorsqu'elle était devenue très-faible, on se bornait à l'enregistrer, le calcul du pouvoir rotatoire ne pouvant plus se faire exactement dans ces conditions. La quantité de sucre réducteur étant devenue très-faible, on saturait exactement par l'acide sulfurique, on évaporait à consistance de sirop et l'on reprenait par l'alcool à 90 degrés bouillant qui, par refroidissement, déposait une belle et abondante cristallisation de mannite. Ces cristaux fortement exprimés et recristallisés plusieurs fois dans l'alcool donnaient de la mannite parfaitement pure.

1° *Hydrogénation du saccharose.* — On a dissous près de 300 grammes de saccharose dans 3 litres d'eau. Cette solution marquait 57 degrés saccharimétriques; sa réduction sur la liqueur de Fehling était nulle; placée dans une grande cuvette, elle a été additionnée d'amalgame à 1 pour 100; après vingt-quatre heures d'action, la déviation a été de 54 degrés saccharimétriques; il y avait une légère réduction de la liqueur cuivrique.

Après quarante-huit heures, la déviation était de 53 degrés, la réduction très-faible. On a continué pendant plusieurs jours à ajouter de l'amalgame, en saturant fréquemment l'alcali formé. L'action a paru rester à peu près stationnaire. Le saccharose subit donc très-difficilement l'action de l'hydrogène naissant.

2° *Hydrogénation du sucre interverti.* — Le sucre interverti a été préparé en maintenant à une température inférieure à celle de l'ébullition du sucre de canne dissous dans l'eau acidulée par 1 $\frac{1}{2}$ pour 100 d'acide sulfurique; on a saturé l'acide par du carbonate de soude et étendu la

liqueur de manière à avoir 100 grammes de sucre réducteur par litre de liqueur. On a fait agir l'amalgame de sodium. Au début, le pouvoir rotatoire [1] à la température de 16 degrés a été trouvé égal à — 23,5.

	Sucre réducteur p. 100.	Pouvoir rotatoire.
14 octobre, après 24 heures il y avait...	9,12	— 8,8
15 » »	5,98	+ 13,6
16 » »	2,74	+ 23,8
17 » »	2,17	»
19 » »	1,24	»
20 » »	0,89	»

A partir du 17, la déviation de la liqueur s'est maintenue entre zéro et + 1° saccharimétrique.

Cette expérience fait croire au premier abord que la lévulose s'hydrogène plus facilement que le glucose ; il n'en est rien cependant, comme le montre une des expériences décrites plus loin. Si, de gauche qu'il était, le pouvoir rotatoire devient droit, ce n'est pas parce que la lévulose disparaît plus vite, mais parce que, sous l'influence de l'alcalinité, elle se transforme en un glucose inactif ; le glucose droit exerce donc à un moment donné une action prépondérante sur la déviation.

La liqueur ne contenant plus que $\frac{1}{12}$ du sucre réducteur primitif a été saturée exactement par l'acide sulfurique et évaporée ; on a séparé par cristallisation une grande partie du sulfate de soude, concentré les eaux mères à une douce chaleur jusqu'à siccité et traité le magma obtenu par l'alcool à 90 degrés bouillant, filtré la solution alcoolique qui a

(1) Tous les pouvoirs rotatoires ont été calculés par la formule de M. Berthelot

$$(\alpha_j) = \alpha_i \frac{V}{lp}.$$

déposé par refroidissement une abondante cristallisation de mannite parfaitement incolore, qu'on a exprimée et purifiée par de nouvelles cristallisations dans l'alcool.

3° *Hydrogénation du glucose.* — Le glucose a été préparé au moyen du sucre interverti. Le sucre de canne a été interverti à une température inférieure à 100 degrés par l'acide sulfurique à 1 ½ pour 100. L'acide a été éliminé par le carbonate de baryte, et la dissolution évaporée à basse température à consistance de sirop. Au bout de quelques semaines, le sirop était pris en une masse cristalline presque incolore, qui a été alternativement exprimée et terrée à l'alcool à plusieurs reprises, et la purification a été achevée par plusieurs cristallisations dans l'alcool.

		Sucre réducteur p. 100.	Pouvoir rotatoire.
octobre, à l'origine, la liqueur mise en contact avec l'amalgame contenait p. 100 de glucose		9,27	+ 44,4
»	»	7,87	+ 32,42
»	»	5,86	+ 30,5
»	»	4,05	+ 34,8
»	»	3,07	+ 35,3
»	»	1,27	»
»	»	0,92	»

A partir du 22 octobre, la déviation de la liqueur était comprise entre zéro et + 1, ce qui indiquerait une diminution considérable du pouvoir rotatoire. Le liquide, traité comme le précédent, a également donné une abondante cristallisation de mannite.

4° *Hydrogénation de la lévulose du sucre interverti.* — Pour préparer cette lévulose, on s'est servi du sirop de sucre interverti, d'où l'on avait séparé par expression le glucose cristallisé. On a précipité par un lait de chaux, en présence d'eau glacée; on a lavé et exprimé le lévulate de chaux, on l'a décomposé par l'acide sulfurique très-

étendu, précipité de nouveau par la chaux et régénéré la lévulose après des lavages et des expressions rapides à basse température. Dans cette opération, on perd une quantité notable de lévulose qui, en présence de la chaux, passe partiellement à l'état de glucose inactif dont la combinaison calcaire, très-soluble, est enlevée par des lavages.

	Sucre réducteur p. 100.	Pouvoir rotatoire
24 octobre, à l'origine la dissolution contient.	9,87	— 104,4
25 » »	8,76	— 100,0
26 » »	7,50	— 61,4
28 » »	7,28	— 48,4
25 » »	5,73	— 35,0
5 novembre	5,34	— 15,[illegible]
9 » »	4,81	— 16,[illegible]
10 » »	4,63	— 17,[illegible]

Cette expérience montre que la lévulose s'hydrogène beaucoup moins facilement que le glucose et qu'à mesure que l'action de l'amalgame se prolonge, le sucre non détruit perd une grande partie de son pouvoir rotatoire, ce qu'il faut probablement attribuer à l'action de l'alcali formé dont la saturation n'est pas immédiate. Dans cette expérience on a encore obtenu une belle cristallisation de mannite ; moins abondante toutefois que dans les précédentes.

5° *Hydrogénation de la lévulose préparée au moyen de l'inuline.* — L'inuline a été préparée en suivant le procédé indiqué par M. Schützenberger. Les tubercules de dahlia râpés ont été additionnés de 3 à 4 fois leur volume d'eau ; on a porté à l'ébullition pendant un quart d'heure, filtré sur un linge et exprimé. Le liquide refroidi a été additionné de sous-acétate de plomb, filtré, soumis à un courant d'hydrogène sulfuré pour enlever le plomb en excès et évaporé à une température inférieure à 70 degrés. On

a arrêté l'évaporation quand on a vu une pellicule se former à la surface du liquide; on a laissé l'inuline se déposer pendant plusieurs jours, on l'a lavée à l'eau froide, redissoute dans l'eau chaude, précipitée par l'alcool, lavée à l'eau alcoolisée et enfin séchée à une douce température. 100 de tubercules ont donné 7,5 d'inuline pure. Pour préparer la lévulose, on a dissous l'inuline dans 10 fois son poids d'eau bouillante qu'on a acidulée par $\frac{1}{2}$ pour 100 d'acide sulfurique; on a chauffé jusqu'à transformation complète. L'acide sulfurique a été enlevé par le carbonate de baryte.

On peut préparer la lévulose inulique à un plus grand état de pureté en chauffant à 60 degrés l'inuline dissoute dans l'eau acidulée par 5 pour 100 d'acide acétique. On reprend par l'alcool et l'on évapore la solution alcoolique dans le vide sur la chaux vive.

	Sucre réducteur p. 100.	Pouvoir rotatoire.
3 février 1876, à l'origine, la dissolution contient.	7,50	— 90, 15
4 » »	3,40	— 32, 5
5 » »	1,50	+ 12, 2
7 » »	1,00	0, 0
8 » »	0,00	0, 0

On a encore obtenu une belle cristallisation de mannite. La quantité de mannite purifiée s'est élevée à plus de 20 pour 100 de la lévulose employée.

On remarque qu'à un moment donné de l'hydrogénation la déviation s'est exercée d'abord. Cela tient probablement à ce que l'une des observations a été faite en présence d'alcali non saturé, tandis que, dans tous les autres essais, elles se faisaient après la saturation de la liqueur.

La lévulose de l'inuline s'hydrogène donc facilement. Elle perd rapidement son pouvoir rotatoire.

Un exemple frappant de la rapidité avec laquelle le glucose inulique, qu'il serait peut-être rationnel d'appeler *inulose*, se transforme sous l'influence de l'hydrogène nais-

sant, nous est fourni par l'expérience suivante : une dissolution contenant 8,40 pour 100 d'inulose a donné à la température de 15 degrés une déviation à gauche de 74°,0 saccharimétriques, ce qui conduit à un pouvoir rotatoire de — 89,6. Dans l'expérience précédente, la détermination du pouvoir rotatoire sur l'inulose d'une préparation différente avait donné — 90,1.

Cette dissolution a été mise en contact avec l'amalgame de sodium à 1 ½ pour 100. Au bout de douze heures la déviation était égale à + 0,5. La proportion de glucose restant n'était plus que 0,2 pour 100.

6° *Hydrogénation du glucose inactif.* — Pour préparer le glucose inactif, dit *glucose de Mitscherlich,* on a suivi à peu près le procédé indiqué dans le *Traité de Chimie organique* de Gerhardt ([1]). Du sucre de canne pulvérisé a été mélangé intimement avec 5 pour 100 d'eau. Ce mélange, introduit dans des tubes de verre qu'on a scellés à la lampe, a été chauffé lentement au bain d'huile jusqu'à ce que la température eût atteint 160 degrés.

On maintient deux ou trois minutes à cette température et l'on dissout ensuite, après refroidissement, dans l'eau. On obtient une solution colorée qui contient de petites quantités d'acides bruns; une digestion sur le noir animal les élimine et l'on a ainsi une solution presque incolore, presque entièrement composée de glucose inactif réduisant la liqueur de Fehling, mais souillée d'une très-petite quantité de sucre de canne inaltéré qui lui communiquait une légère déviation à droite.

On a cependant cru pouvoir négliger cette légère impureté du produit et l'on a procédé à son hydrogénation dans la conviction que les résultats obtenus n'en seraient pas moins concluants.

([1]) T. II, p. 517.

On a fait des essais infructueux pour obtenir, à l'état de pureté, ce glucose inactif; on a fait varier le temps de la chauffe et les proportions d'eau. En général, quand la quantité d'eau était assez forte et atteignait 10 pour 100 de sucre, la matière était altérée fortement, présentant une coloration brune très-intense, une réaction et une saveur très-acides et laissant déposer d'abondants flocons bruns.

On a constaté que le glucose inactif devient dextrogyre sous l'influence du borax. Le sulfate de soude exerce une action analogue, mais moins intense. Le carbonate de soude fait, au contraire, dévier à gauche.

Exemples. — La dissolution contient : pour 100, sucre réducteur 6,41, sucre de canne, des traces.

		Déviation.
Cette liqueur donne		+0,5
Même liqueur saturée de borax		+6,3
»	de sulfate de soude	+1,2
»	de carbonate de soude.	—2,9

Ici encore nous avons donc un exemple du pouvoir rotatoire indifférent.

	Sucre réducteur p. 100.	Déviation.
La liqueur soumise à l'action de l'amalgame contient	6,41	+ 0,5
1er novembre, après 24 heures	4,90	+ 3,7
2 » »	3,88	+ 8,2
3 » »	2,82	+ 9,3
4 » »	2,36	+10,5
7 » »	1,93	+ 5,0

Les déviations observées sont, en partie au moins, dues à l'action, sur le glucose inactif et sur la mannite formée, du sulfate de soude, dont la proportion va en augmentant.

Dans cette opération encore on a obtenu de la mannite

dont la proportion s'est élevée, après purification, à environ 25 pour 100 du glucose employé.

Passons maintenant à l'examen comparatif des mannites obtenues.

Pour étudier leur action sur la lumière polarisée, on a mis à profit l'influence qu'exercent sur elle le borate de soude et la soude caustique. On a, en outre, préparé les dérivés nitrés dont l'action sur la lumière polarisée est connue depuis les recherches de M. Loir ([1]).

Les résultats trouvés sont exprimés en divisions saccharimétriques; l'appareil employé était le polarimètre de Laurent à lumière monochromatique.

1° On a d'abord cherché la déviation que pourrait donner la mannite seule; la dissolution en contenait 10 pour 100.

		Déviation.
Mannite obtenue	du glucose inactif.............	—0,2
»	du sucre interverti...........	—0,2
»	du glucose du sucre interverti....	—0,1
»	de la lévulose du sucre interverti..	—0,1
»	du glucose d'inuline............	—0,0

On peut donc admettre que ces différentes mannites n'avaient pas d'action sur la lumière polarisée, les nombres observés étant de l'ordre de grandeur des erreurs inévitables.

2° La dissolution contient, pour 100, 10 de mannite et 12,8 de borax supposé anhydre.

		Déviation.
Mannite obtenue	du glucose inactif..............	+23,1
»	du sucre interverti............	+22,0
»	du glucose du sucre interverti....	+23,0
»	de la lévulose du sucre interverti..	+21,6
»	du glucose d'inuline...........	+22,0

([1]) Mémoire cité.

Ces chiffres sont assez rapprochés pour qu'on puisse admettre que le borax exerce sur ces différentes mannites une action identique en y développant un pouvoir rotatoire de même sens et de même grandeur.

3° La dissolution contient pour 100, 8 de mannite et 8 de soude caustique hydratée.

	Déviation.
Mannite obtenue du glucose inactif..............	—3,7
» du sucre interverti.............	—3,5
» du glucose du sucre interverti....	—3,4
» de la lévulose du sucre interverti..	—3,2
» du glucose d'inuline............	—3,2

Ici encore l'action de la soude a été la même sur ces mannites d'origines diverses.

4° Les nitromannites ont été préparées d'après le procédé décrit par Gerhardt [1]. 1 partie de mannite a été broyée avec de l'acide azotique fumant jusqu'à dissolution; on a ensuite ajouté alternativement de l'acide sulfurique et de l'acide azotique fumant jusqu'à ce qu'on eût mis $10\frac{1}{2}$ parties du premier et $4\frac{1}{2}$ parties du second. La masse pâteuse obtenue a été jetée dans l'eau. On a lavé le composé nitré qui s'est déposé, on l'a purifié par cristallisation dans l'alcool. Pour observer l'action sur la lumière polarisée, on a dissous 3 parties de nitromannite sèche dans 100 parties d'alcool absolu.

Voici les résultats des observations exprimés en degrés saccharimétriques :

	Déviation.
Mannite obtenue du glucose inactif..............	+12,7
» du sucre interverti.............	+12,3
» du glucose du sucre interverti....	+12,3
» de la lévulose du sucre interverti...	+12,5
» du glucose d'inuline............	+12,3

(1) *Chimie organique*, t. II, p. 577.

Les composés nitrés de ces différentes mannites ont donc la même action sur la lumière polarisée.

Il résulte des observations contenues dans ce travail que la mannite, quel que soit le sucre dont elle tire son origine, présente des propriétés optiques absolument identiques. Il n'y a donc pas lieu de penser que ce corps puisse affecter, comme on eût pu s'y attendre, des états moléculaires différents caractérisés par une action sur la lumière polarisée, en rapport avec l'action du sucre générateur.

Ce travail a été fait dans les laboratoires de M. Boussingault et de l'Institut agronomique.

SUR LA MATIÈRE SUCRÉE

CONTENUE DANS LES PÉTALES DES FLEURS ;

PAR M. JOSEPH BOUSSINGAULT.

Les fleurs sécrètent des matières sucrées par des glandes réparties sur leurs diverses parties ; les pétales présentent quelquefois un appareil excréteur ; cependant il arrive aussi que de leur surface dépourvue des glandes apparentes il suinte un liquide sucré, une sorte de miellée. C'est principalement autour des organes essentiels de la reproduction que sont les nectaires où les abeilles viennent butiner les matériaux du miel.

Si, comme il y a tout lieu de le croire, les matières sucrées des fleurs sont élaborées par les feuilles, leur constitution doit être la même que celles dont on a constaté la présence dans les autres organes du végétal ; c'est, en effet, ce que paraissent établir les recherches auxquelles je me suis livré dans ces dernières années, en portant particulièrement mon attention sur les pétales, que les physiologistes considèrent comme des feuilles plus ou moins modifiées.

Les pétales étaient isolés avec soin ; on faisait passer dans un volume d'eau déterminé les substances solubles ; on traitait ensuite la solution par le sous-acétate de plomb, afin d'éliminer les principes non sucrés qui auraient pu réagir sur la liqueur cuivrique ou être transformés en sucre réducteur par l'acide que l'on faisait intervenir pour opérer l'interversion des sucres analogues au saccharose.

Généralement on s'est borné à reconnaître la présence d'un sucre réducteur; néanmoins on a aussi dosé simultanément les matières sucrées dans les pétales et dans les feuilles de la plante sur laquelle la fleur avait été prélevée. Dans quelques cas, les analyses ont porté sur les fleurs ayant conservé leurs organes de reproduction.

Voici les fleurs dans les pétales desquelles on a trouvé du sucre réducteur :

Rose, Lys, Souci, Bluet, Pavot, Cactus, Hortensia, Bourrache, Rhododendron, Yucca, Campanule, Liseron, Géranium, Fuchsia, Giroflée, Glycine, Couronne impériale, Pomme de terre, Dahlia, Ellébore, Phlox, Pétunia, Digitale, Iris, Colchique, Muflier, Renoncule, Camomille, Capucine, *Portulacca* (Pourpier), Genêts d'Espagne, Magnolia, Glaïeul, Asclépiade, Acacia, Châtaignier, Prunier, Mirabellier, Perce-neige, Abricotier, Mahonia, Poirier, Reine-Claude, Cassis, Pommier, Pivoine, Bouton d'or, Pervenche, Hyacinthe bleue, Pâquerette.

On a réuni dans un tableau les résultats de quelques dosages : les matières sucrées ont été désignées sous le nom de *sucre réducteur*, quand elles réduisaient la liqueur cuivrique, et sous celui de *sucre interversible* lorsque la réduction n'avait lieu qu'après l'intervention d'un acide; dans ce cas, c'était vraisemblablement du saccharose. Le sucre réducteur pouvait être du sucre interverti, du glucose, de la lévulose ou même du sucre inactif, et, ce qui est le plus probable, un mélange de ces divers sucres, ainsi qu'il arrive dans la plupart des fruits sucrés, et comme on l'a reconnu dans le sucre réducteur extrait des pétales de la rose.

		Dans 100 : Matière sèche.	Sucre réducteur.	Sucre interversible
Lis, pétales	Juillet	12,0	2,60	indices
Lis, feuilles	»	16,0	2,75	id.
Laurier-rose, pétales	Juillet	16,0	7,22	id.

		Dans 100 : Matière sèche.	Sucre réducteur.	Sucre interversible.
Laurier-rose, feuilles....	Juillet.....	26,5	2,46	»
Portulacca, fleurs entières.	Août......	10,0	4,42	0,65
Portulacca, feuilles......	»	5,6	1,27	0,20
Acacia, pétales.........	Juillet.....	13,0	3,80	0,00
Acacia visqueux, pétales.	Août......	17,0	1,46	1,13
Rhododendron, pétales ..	»	8,0	2,20	0,50
Magnolia, pétales.......	»	11,5	1,44	0,55
Magnolia, feuilles.......	»	24,0	1,34	0,76
Oranger, pétales........	Juillet	21,0	5,00	0,60
Oranger, fleurs entières..	»	22,0	4,11	0,94
Oranger, feuilles........	»	28,0	traces	1,30
Gueules-de-loup, pétales .	»	14,0	4,83	2,12
Tilleul, fleurs entières....	Juin.......	25,0	0,54	0,27
Tilleul, feuilles.........	»	33,0	1,08	1,91
Rose, pétales	»	13,0	3,40	indices

Les pétales, on le voit, renferment de notables proportions de sucre, atteignant, d'après les dosages précédents rapportés à la substance normale, c'est-à-dire à la fleur non desséchée, en moyenne 4 pour 100. La cellulose, les principes immédiats non sucrés y entrent pour de faibles quantités. Par exemple, dans les pétales de la rose, on a dosé :

Cellulose et matières insolubles...........	7,60
Sucre réducteur......................	3,40
Substances solubles autres que le sucre.....	2,00
Eau et matières volatiles...............	87,00
	100,00

Les feuilles cueillies en même temps que les fleurs ont fourni moins de sucre, en moyenne 2,2 pour 100. On a recherché si, pendant leur exposition à l'air, alors qu'elles sont détachés de la plante, les fleurs perdent du sucre.

I. En 1869, au mois d'octobre, dans 100 grammes de fleurs entières de muflier, on a trouvé : sucre exprimé en sucre réducteur .... 6,82 gr

100 grammes des mêmes fleurs restèrent exposés à l'air pendant trente-six heures. On dosa, après l'exposition : sucre 5,77

Sucre disparu 1,05

II. En juillet 1876, dans le laboratoire d'Unieux, on répéta cette expérience sur des pétales de rose. 100 grammes de pétales contenaient : sucre réducteur 3,40

100 grammes des mêmes pétales, après être restés à l'air pendant cinq jours, renfermaient : sucre réducteur 2,40

Sucre disparu 1,00

Cette perte tient à ce que les pétales se comportent dans l'atmosphère comme les parties du végétal non colorées en vert; elles absorbent de l'oxygène en exhalant de l'acide carbonique; et les faits que j'ai rapportés mettent hors de doute que du sucre est brûlé ou modifié pendant l'exposition de la fleur à l'air.

L'action comburante ne s'exerce d'ailleurs que sous l'influence de l'eau de constitution, elle est ralentie pendant la dessiccation, nulle sur un organe sec. C'est pourquoi les feuilles et les fleurs, après avoir été séchées rapidement, conservent une partie du sucre qu'elles renfermaient au moment où on les a cueillies.



SUR LA SÉPARATION
DE LA POTASSE ET DE LA SOUDE

Par M. Th. SCHLOESING.

On sait que l'étude des perchlorates conduisit Serullas à un procédé fort simple pour doser la potasse ; ayant constaté que cette base est la seule, parmi celles que l'on trouve le plus souvent dans les analyses, qui forme avec l'acide perchlorique un sel insoluble dans l'alcool, il conseilla de faire passer les bases à l'état de perchlorates, en employant au besoin les perchlorates d'argent et de baryte pour éliminer et doser le chlore et l'acide sulfurique, et d'achever par l'alcool à 40 degrés la précipitation du perchlorate de potasse. Adopté à l'époque de sa publication, ce mode de dosage semble délaissé aujourd'hui. Peut-être Serullas a-t-il eu le tort de ne pas citer dans son Mémoire des résultats d'analyse en chiffres, manière la plus efficace de fixer le mérite d'une méthode ; mais ce qui a manqué surtout à son procédé, c'est, je crois, le réactif sur l'emploi duquel il est fondé. L'acide perchlorique, en effet, n'a été longtemps qu'un produit de collection, d'une pureté fort douteuse ; et, malgré le beau travail de M. Roscoë, qui a donné le moyen de l'extraire à l'état de pureté du chlorate de potasse, il n'a pas pris sa place parmi les produits chimiques qui alimentent nos laboratoires.

Je vais montrer que le procédé de Serullas devient l'un des plus précis de l'analyse, quand on emploie l'acide perchlorique pur fourni par le perchlorate d'ammoniaque.

Je décrirai d'abord la préparation de ce sel qui peut être obtenu facilement de deux manières différentes.

La première comporte trois opérations : préparation du chlorate de soude, transformation par la chaleur du chlorate en perchlorate, transformation du perchlorate de soude en perchlorate d'ammoniaque par le chlorhydrate d'ammoniaque.

Le chlorate de soude peut être obtenu en grande quantité, soit en traitant par le sel de soude le mélange de chlorure et de chlorate calciques que donne la dissolution d'hypochlorite de chaux saturée de chlore et portée à l'ébullition, soit en saturant directement de chlore le sel de soude. On lit dans plusieurs Traités de Chimie qu'il est difficile de séparer le chlorure et le chlorate sodiques produits en même temps; c'est une erreur réfutée par les chiffres suivants :

	Chlorate de soude.	Chlorure de sodium.
100 d'eau dissolvent à la température de 12 degrés	89,3	»
100 d'eau, à 12 degrés, agitée avec des excès de chlorate et de chlorure	50,75	24,4
100 d'eau bouillante sur un excès des deux sels, à 122 degrés	249,6	11,5
100 d'eau de cette dissolution bouillante refroidie à 12 degrés	68,6	11,5

D'où l'on voit que 100 d'eau saturée à 122 degrés de chlorate, en présence de chlorure, déposent par le refroidissement 181 de chlorate, et que le sel marin reste tout entier en dissolution. N'est-il pas évident, d'après ces résultats, que la séparation des deux sels ne présente aucune difficulté et rentre dans la classe des opérations les plus familières aux fabricants de produits chimiques ?

La transformation du chlorate de soude en perchlorate par la chaleur est semblable à celle que subit le chlorate de potasse dans les mêmes conditions; elle m'a même paru

plus nette, en ce sens que le dégagement d'oxygène devient presque nul, quand la matière a pris la consistance pâteuse.

Le résultat de l'opération est un mélange de chlorure de sodium, d'un reste de chlorate, et surtout de perchlorate. On reprend par le moins d'eau possible ; après digestion, on obtient une dissolution sirupeuse de perchlorate ; la majeure partie du chlorure et du chlorate en est exclue, et demeure à l'état de précipité cristallin qu'on sépare par l'égouttage sur un entonnoir. La dissolution, mêlée à chaud avec de l'eau bouillante saturée de sel ammoniac, laisse déposer, par le refroidissement, de gros cristaux de perchlorate d'ammoniaque.

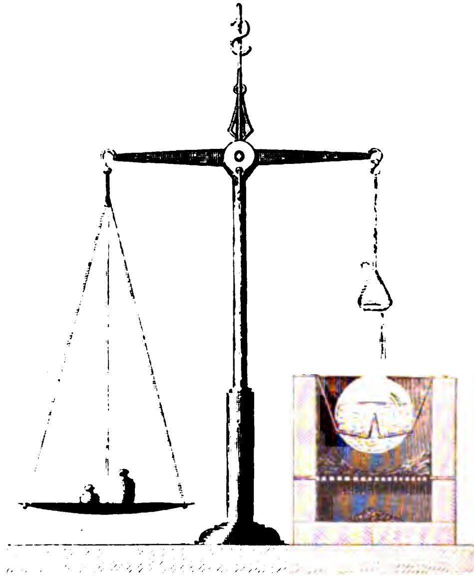
Un chimiste pratiquant une fois ce procédé perdra la moitié des matières ; il retirera 250 à 300 grammes de perchlorate d'ammoniaque de 1 kilogramme de chlorate de soude ; mais, en fabrique, on opère, même pour des produits très-secondaires, dans des proportions qui comportent une certaine suite des opérations ; on peut y laver méthodiquement les dépôts salins successifs, et utiliser les eaux mères. Si j'indique le chlorhydrate d'ammoniaque pour la transformation du perchlorate de soude, c'est parce que l'eau mère, bouillie avec du carbonate de soude pour éliminer l'ammoniaque, ne contiendra pas d'autre sel que le chlorure, le chlorate et le perchlorate sodiques, et pourra, dès lors, être employée à dissoudre de nouveau perchlorate de soude.

Lorsque le perchlorate d'ammoniaque cristallise en présence de sels potassiques, il entraîne de la potasse dont on ne peut plus le débarrasser par des cristallisations répétées ; il serait donc essentiel que le chlorate de soude, point de départ du travail, fût exempt de potasse. Mais, lors même que le sel de soude contiendrait de la potasse, on arriverait à se débarrasser de ce dernier alcali lors de la transformation du perchlorate d'ammoniaque en acide perchlo-

rique, comme on va le voir plus loin. Une seconde cristallisation suffit pour la purification de ce sel.

Pour vérifier la pureté du perchlorate d'ammoniaque, on le décompose par l'eau régale faible, et l'on évapore à sec; il ne doit laisser aucun résidu.

La seconde méthode est encore plus facile et également d'un emploi avantageux. Elle se divise en trois opérations:



transformation du chlorate de potasse en perchlorate, décomposition du perchlorate par l'acide hydrofluosilicique, transformation de l'acide perchlorique en perchlorate d'ammoniaque.

Un poids connu de chlorate de potasse pur et fondu, par exemple 700 grammes, est placé dans un ballon de 1 ½ litre de capacité, suspendu au fléau d'une balance. L'autre fléau porte des poids en quantité telle que le ballon est soulevé et par suite éloigné du foyer lorsque la transformation en

perchlorate est produite, ce qui arrive quand le chlorate a perdu 8 $\frac{1}{2}$ pour 100 de son poids par suite du dégagement d'oxygène. L'opération s'arrête ainsi d'elle-même quand elle est arrivée au point voulu. Pour empêcher le perchlorate formé de cristalliser sur les parois de la panse du ballon, on place celui-ci dans un fourneau de dimensions telles que le col du ballon seul dépasse le dessus du fourneau. On chauffe au moyen du charbon de bois comme s'il s'agissait de la préparation de l'oxygène. Quand le dégagement se produit, on règle la température au moyen du cendrier. Il y a d'ailleurs assez d'intervalle entre les parois du ballon et celles du fourneau pour qu'on puisse alimenter le feu avec du charbon.

Lorsque, par suite du départ de l'oxygène, le ballon est soulevé, on promène la matière fondue sur les parois pour l'étaler, afin de faciliter la dissolution par l'eau. Après le refroidissement on traite à plusieurs reprises le contenu du ballon par de l'eau bouillante jusqu'à dissolution complète. On verse ces dissolutions successives dans un vase plongé dans l'eau froide en remuant fréquemment. De cette manière le perchlorate se dépose en très-petits cristaux pulvérulents qu'on met à égoutter sur un entonnoir et qu'on lave ensuite méthodiquement jusqu'à ce que les eaux de lavage ne précipitent plus par le nitrate d'argent. On prélève quelques grammes du perchlorate ainsi obtenu ; on y détermine par dessiccation la teneur réelle en perchlorate. D'un autre côté, par un titrage alcalimétrique on détermine la richesse d'une solution d'acide hydrofluosilicique. On verse sur les cristaux de perchlorate humides précédemment obtenus la quantité d'acide hydrofluosilicique nécessaire à une transformation complète en fluosilicate, sans mettre un excès notable d'acide hydrofluosilicique. On laisse en contact pendant deux jours en agitant fréquemment ; à la fin on chauffe à 40 degrés au bain-marie. On filtre sur de l'amiante et l'on concentre la dissolution jusqu'à apparition de

vapeurs blanches. On abandonne alors le liquide à lui-même ; il dépose quelques cristaux de perchlorate de potasse, sel insoluble dans l'acide perchlorique concentré. La liqueur décantée est sursaturée par l'ammoniaque. Il se forme un précipité blanc de perchlorate d'ammoniaque peu soluble. mélangé d'oxyde de fer, d'alumine, de silice. On porte à l'ébullition en ajoutant assez d'eau pour dissoudre le sel formé. Cette dissolution ammoniacale filtrée à chaud est parfaitement incolore ; elle laisse déposer par refroidissement de beaux cristaux de perchlorate d'ammoniaque que deux nouvelles cristallisations permettent d'obtenir à l'état de pureté. Ce sel se conserve indéfiniment, plus facilement que ne le ferait l'acide perchlorique qui pourrait à la longue, en attaquant le verre du flacon qui le contient, dissoudre de petites quantités d'alcalis. La conservation des réactifs sous la forme solide est en général à recommander. Ce perchlorate sert à préparer l'acide perchlorique à mesure des besoins.

M. H. Sainte-Claire Deville a enseigné depuis longtemps à détruire l'ammoniaque dans les analyses par l'eau régale faible ; on transforme ainsi en quelques minutes le perchlorate d'ammoniaque en un mélange d'acides perchlorique, nitrique et chlorhydrique.

Mettant à profit cette réaction, on prend une centaine de grammes de perchlorate d'ammoniaque qu'on place dans un ballon ; on recouvre les cristaux d'acide azotique étendu de son volume d'eau et l'on ajoute une petite quantité d'acide chlorhydrique en chauffant de manière à avoir un dégagement modéré d'azote. Vers la fin, on ajoute un peu d'acide chlorhydrique pour voir si le dégagement gazeux n'augmente pas. Dans ce cas, on regarde l'élimination de l'ammoniaque comme terminée, on continue à chauffer jusqu'à apparition de vapeurs blanches et l'on obtient comme résidu un liquide dense constitué par l'acide perchlorique mélangé d'une très-petite quantité

d'acide nitrique, qui ne gêne nullement dans les dosages. Cet acide peut déposer encore après deux jours de repos un peu de perchlorate de potasse; il convient pour l'usage de l'étendre dans un volume d'eau déterminé et de l'employer avec des burettes graduées afin d'estimer le poids d'acide à employer.

Cette précaution est surtout convenable dans les dosages très-délicats, si la dissolution perchlorique contient encore des traces de potasse. En effet, en en évaporant un volume connu, on peut toujours y déterminer la potasse et faire, s'il y a lieu, la faible correction que nécessitera cette impureté. C'est, du reste, une habitude qu'il est bon de recommander aux analystes d'employer toujours des quantités mesurées de réactif.

Marche de l'analyse. — L'acide perchlorique, par sa fixité et son énergie plus grande, chasse absolument les acides nitrique et chlorhydrique de leurs combinaisons salines : le mélange des trois acides se comporte vis-à-vis des nitrates et des chlorures comme de l'acide perchlorique seul et les bases sont totalement transformées en perchlorates, pour peu que l'équivalent d'acide dépasse celui des bases et à condition que la chaleur soit poussée à un degré suffisant.

On voit par là qu'il est inutile d'avoir recours aux perchlorates d'argent et de baryte, ainsi que le conseille Serullas, pour doser, au début de l'analyse, le chlore et l'acide sulfurique. Le chlorure de baryum et le nitrate d'argent peuvent ici remplir leur office ordinaire, puisque les acides nitrique et chlorhydrique qu'ils introduisent sont plus tard chassés par l'acide perchlorique.

Je considère maintenant un mélange de chlorures ou de nitrates de potasse ou de soude. Je suppose qu'on a concentré la dissolution sur le bain de sable, dans une petite

capsule de porcelaine tarée. On y verse l'acide, et l'on évapore.

Cependant, quand on opère sur un mélange de nitrate et de chlorure, il est bon, avant l'addition d'acide perchlorique, d'éliminer le chlore par un excès d'acide nitrique, en évaporant avec ménagement. Si l'on ne prenait pas cette précaution, le liquide pourrait se surchauffer sous la masse cristalline, ce qui donnerait lieu à des projections.

Lorsque la matière est presque sèche, il s'en dégage des fumées blanches épaisses : c'est le signe que l'acide perchlorique est en excès, et que la transformation des sels est complète. Quand ce dégagement a pris fin, on laisse refroidir, et on lave le perchlorate de potasse en plusieurs fois par de petites quantités d'alcool à 36 degrés, que l'on décante sur un petit filtre : celui-ci retient les parcelles de sel potassique entraînées. Il convient de pulvériser la masse avec un agitateur dont une extrémité a été aplatie en forme de disque. Plus la soude est abondante, plus le perchlorate de potasse en retient dans ses cristaux. Aussi convient-il de dissoudre à chaud, dans le moins d'eau possible, le perchlorate à peu près lavé, et d'évaporer à sec. Deux lavages à l'alcool achèvent ensuite la purification du sel. On dissout par quelques gouttes d'eau bouillante le perchlorate entraîné sur le filtre ; on les reçoit dans la capsule, on évapore de nouveau à sec et l'on chauffe jusqu'à 250 degrés environ ; le sel est alors absolument desséché et bon à peser. La dissolution alcoolique de perchlorate de soude est évaporée dans une capsule de platine ; le résidu est traité par l'acide sulfurique en excès convenable, et transformé finalement en sulfate neutre de soude.

Voici quelques résultats d'analyses destinés à fixer la valeur de la méthode :

			Trouvé.
ré sur	$643^{mg},2$ chlorure de potassium.	Perchlor. potasse..	Chlor. potass. $1193^{mg},9 = 643^{mg},2$.
»	$385^{mg},5$ chlorure de sodium.		
ıloyé	$2^{gr},2$ perchlor. d'ammoniaque.	Sulfate de soude...	Chlor. sodium. $467^{mg},8 = 385^{mg},4$.
»	3^{cc} d'alcool à 36°.		
ré sur	$35^{mg},8$ chlor. de potassium.	Perchlor. potasse..	Chlor. potass $64^{mg},0 = 34^{mg},5$.
»	$1296^{mg},7$ chlorure de sodium.		
ıloyé	3^{gr} perchlorure d'ammoniaque.	Sulfate de soude...	Chlor. sodium. $1570^{mg},5 = 1294^{mg}$.
»	40^{cc} d'alcool à 36°		
ré sur	$777^{mg},2$ chlorure de potassium.	Perchlor. potasse..	Chlor. potass. $1143^{mg},0 = 777^{mg},0$.
»	$2^{mg},3$ chlorure de sodium.		
ıloyé	2^{gr} perchlorure d'ammoniaque.	Sulfate de soude...	Chlor. sodium. $2^{mg},9 = 2^{mg},4$.
»	20^{cc} d'alcool à 36°.		

On voit que le procédé par l'acide perchlorique permet de séparer la potasse et la soude, lors même que l'une des bases est en quantité très-faible par rapport à l'autre; j'ai même pu constater que mon chlorure de potassium, bien que purifié par trois cristallisations, contient encore des traces de soude. En effet, $3^{gr},5$ de ce sel transformés en perchlorate ont abandonné à l'alcool 5 milligrammes de perchlorate de soude équivalant à $2^{mg},5$ de chlorure de sodium. Cette soude ne provenait pas des vases, car une expérience à blanc, faite avec les réactifs employés, n'a rien donné.

Lorsque la potasse et la soude sont accompagnées d'acide sulfurique ou d'acides fixes, ceux-ci doivent être d'abord éliminés par les procédés en usage. J'ai constaté que la présence de la chaux, de la baryte, de la magnésie ne gêne en aucune façon l'exacte séparation du perchlorate de potasse. En voici un exemple opéré sur :

	mg
Chlorure de potassium	83,5
Sulfate de magnésie............	574,0
Chlorure de sodium............	1298,0
Chlorure de calcium............	233,0

Après élimination de l'acide sulfurique par le chlorure

de baryum et conversion des bases en perchlorates, on trouve :

Perchlorate de potasse 153^{mr}, 1 = 82^{mg}, 4 chlorure de potassium.

Je ferai remarquer que la séparation de la potasse peut se faire presque au début d'une analyse, et qu'ainsi le procédé devient très-expéditif quand il s'agit seulement de déterminer cette base.

Ainsi, pour la doser, dans une cendre végétale, par exemple, on attaquera 1 gramme de cendre par l'acide nitrique dans une capsule de porcelaine; on évaporera à sec pour séparer la silice et l'on reprendra par l'eau. Dans cette dissolution, on ajoutera un léger excès d'eau de baryte, on filtrera et l'on évaporera à sec. Sur le résidu, on versera l'acide perchlorique et l'on desséchera jusqu'à élimination des vapeurs blanches qui indiquent le départ de l'acide perchlorique en excès; on lavera par l'alcool à 36 degrés, comme il est dit plus haut, et l'on pèsera le résidu, qui sera constitué uniquement par du perchlorate de potasse.



ÉTUDE

SUR LES

FONCTIONS PHYSIQUES DES FEUILLES

TRANSPIRATION, ABSORPTION DE LA VAPEUR AQUEUSE, DE L'EAU, DES MATIÈRES SALINES;

PAR M. JOSEPH BOUSSINGAULT.

I. L'eau puisée dans le sol par les plantes, quand elle ne se fixe pas dans l'organisme, est déversée dans l'atmosphère, par suite de l'évaporation accomplie à leur surface, et d'autant plus rapidement que la température est plus élevée, l'air plus sec, plus agité. Aussi la transpiration des parties vertes des végétaux est-elle, sinon interrompue, du moins grandement atténuée durant la nuit, pendant la pluie ou le brouillard; Hales a cherché à l'évaluer dans ses mémorables expériences *sur la quantité de liqueur que les arbres tirent et transpirent.*

Une plante venue dans un pot, et dont on connaissait la surface des feuilles, était pesée matin et soir. Le sol étant maintenu humide, dans une série d'observations exécutées en juillet sur un grand Soleil, Hales trouva que la plante perdait par la transpiration, en douze heures de jour:

En moyenne..........................	567^{gr},6 d'eau
Au maximum..........................	850,5

La surface des feuilles étant de 3^{mq},62, il en résulte qu'en douze heures de jour l'eau sortie de 1 mètre carré pesait :

En moyenne..........................	156^{gr},8
Par décimètre carré et par heure..........	0,13
Au maximum..........................	0,196

Hales ne dit pas s'il entendait par surface les deux côtés du limbe. Comme il est évident que la transpiration a lieu par les deux faces, dans le cours de mes recherches, on a pris pour la superficie de la feuille la somme des deux surfaces.

Voici, d'après Hales, pour quelques plantes, la quantité d'eau transpirée en une heure pendant le jour par 1 décimètre carré de feuilles :

		gr
Choux :	moyenne	0,255
	maximum	0,336
Vigne :	moyenne	0,11
Pommier :	moyenne	0,22
	maximum	0,25
Citronnier :	moyenne	0,09
	maximum	0,12

Les expériences faites sur la menthe, le poirier nain, le houblon ne sont pas discutables au point de vue qui nous occupe, parce que Hales n'a pas indiqué la surface des feuilles; il s'est borné à constater que la menthe n'a pas transpiré la nuit, que les feuilles du poirier ont perdu plus d'eau par la transpiration qu'il n'en est entré dans l'arbuste par les racines; que les plants de houblon ont transpiré davantage sur les bords que dans l'intérieur de la houblonnière.

Dans les expériences que j'ai exécutées, j'ai tenu d'abord à procéder exactement comme Hales. Toutefois, on n'a pas seulement mesuré la transpiration d'une plante pendant douze heures de jour, par la raison que l'état de l'atmosphère varie pendant cet intervalle. On a déterminé l'eau dissipée par l'évaporation, les feuilles étant exposées au soleil, à l'ombre et pendant la nuit. Pour chaque observation, on a noté la température de l'air, son état hygrométrique indiqué par le psychromètre.

Le sujet de la première observation fut un topinambour (*Helianthus tuberosus*) développé dans un pot vernissé à

l'extérieur. Comme dans l'expérience fondamentale de Hales, toutes les dispositions avaient été prises pour que l'humidité ne se dégageât pas directement de la terre végé-

Fig. 1.



tale ; un couvercle en caoutchouc était ajusté à la base de la tige et sur les pourtours du vase. Deux tubes de verre *a*, *a'*, d'une assez grande section, traversaient le couvercle pour introduire l'eau d'arrosage et laisser pénétrer l'air (*fig.* 1). Tout le système pesait 6 kilogrammes. La balance chargée

de ce poids était sensible à $0^{gr},1$. Les expériences terminées, on a pris la surface des parties vertes :

Surface d'un côté des feuilles...........	3762^{cq}
Surface double, les deux côtés du limbe....	7524
Surface des pétioles......	85,5
Surface de la tige......................	111,6
Surface totale.........	7721,1 (1).

Première observation, 29 *août* 1866.

La plante exposée au soleil de...	$8^h.20^m$	du matin.
à.........................	4.30	de l'après-midi.
Temps écoulé................	8.10	

Eau évaporée indiquée par la balance..........	$102^{gr},0$
Par heure................................	12,49
Par heure et par décimètre carré	0,16
A midi, température à l'ombre....	$24^{\circ},5$
Psychromètre............................	62 (2)

Ciel nuageux.

L'*Helianthus tuberosus* est resté exposé en plein soleil, par un vent d'est assez fort; aussi les feuilles sont-elles devenues légèrement flasques, comme il arriva du reste pour les plants d'un champ de topinambour. On voit que dans la grande culture, comme pour le sujet de l'observation.

(1) On a mesuré la surface des feuilles de deux manières : 1° en découpant un morceau de papier ayant la même superficie que la feuille, le pesant après avoir pris le poids d'un décimètre carré du même papier; 2° en collant sur un marbre toutes les feuilles de la plante ajustées et disposées en un parallélogramme, ce qui convient surtout quand les feuilles sont nombreuses ou quand elles sont de grandes dimensions.

(2) Le degré psychrométrique indiquant l'état hygrométrique ou l'humidité relative, déduite de la différence observée entre le thermomètre sec et le thermomètre mouillé.

l'évaporation à la surface des feuilles devait avoir été plus rapide que l'ascension de l'eau introduite par les racines. A 4h30m du soir, à l'ombre, toutes les feuilles étaient redressées.

Deuxième observation, 29 *et* 30 *août* 1866.

Le 29, l'*Helianthus tuberosus* fut pesé à 4h30m du soir, et placé dans une situation où il ne pouvait pas recevoir le soleil. Le matin du jour suivant, le 30 août, on le pesa à 10h30m; il avait perdu :

Eau	23gr,0
Au lever du soleil, température	18°
État hygrométrique	71

Tant à l'ombre qu'à l'obscurité, la plante, en dix-huit heures, avait perdu 23 grammes d'eau :

Par heure	1gr,28
Par heure et par décimètre carré	0,032

Troisième observation, 5 septembre 1866.

La plante fut exposée au soleil à	9h.35m	matin
» retirée à	5.35	soir
Temps écoulé	8.00	

Eau perdue	355gr,0
Par heure	44,37
Par heure et par décimètre carré	1,121
Température à l'ombre	27°,6
Psychromètre	32,0

Vent d'est assez fort.

On voit combien une température élevée, le vent, la sécheresse influent sur la transpiration.

Quatrième observation, 5 *et* 6 *septembre.*

La plante fut mise à l'ombre dans un lieu où elle ne pouvait pas recevoir les rayons du soleil levant.

Exposée le 5 septembre à.	5h.45m soir.
Pesée le 6 septembre à.	6.45 matin.
Temps écoulé.	13.00
Eau évaporée.	48gr,0
Par heure.	3,64
Par heure et par décimètre carré.	0,091

A 8 heures du matin, le 6 septembre :

Température.	20°,9
Psychromètre.	60,0

Cinquième observation, 6 *et* 7 *septembre.*

Exposition du 6 septembre à.	6h.45m matin.
» au 7 septembre à.	8.15
Temps écoulé.	25.30

15 heures de jour au soleil : 10h30m de nuit.

Eau évaporée.	228gr,0
Par heure.	8,94
Par heure et par décimètre carré.	0,116

6 septembre, 8 heures du matin.

Température.	28°,8
Psychromètre.	50,0

Sixième observation, 6 septembre.

8h 15m du matin jusqu'au 10 septembre, 8h 15m du matin :

Heures du jour	h m 36.0
Heures de nuit	36.0
Temps écoulé	96.0
Eau évaporée	gr 777,00
Par heure	8,09
Par décimètre carré en une heure	0,11

7 septembre, 9 heures du matin :

Température	20°,5
Psychromètre	60,0

9 septembre, à 5 heures du soir :

Température	22°,6
Psychromètre	63,5

Septième observation, 10 septembre.

La plante est restée dans l'obscurité du 10 septembre, à 8h 30m du matin, au 12 septembre, à 8h 30m du matin :

Temps écoulé	h 48.00
Eau évaporée	gr 82,00
Par heure	1,71
Par heure et par décimètre carré	0,043

12 septembre, à 5 heures du matin :

Température	23°,2
Psychromètre	74,0

Huitième observation, 12 *septembre.*

La plante dans l'obscurité du 12 septembre, 8^h30^m du matin, au 14 septembre, 8^h30^m du matin :

Temps écoulé	$48^h,00$
Eau évaporée	$48^{gr},00$
Par heure	1,00
Par décimètre carré et par heure	0,025

14 septembre, à 8^h30^m du matin :

Température	$14°,6$
Psychromètre	95,5

Neuvième observation, 14 *septembre.*

La plante exposée au soleil à	$8^h.30^m$ du matin.	
Retirée à	4.00 du soir.	
Temps écoulé	7.30	
Eau évaporée		$205^{gr},05$
Par heure		27,33
Par décimètre carré et par heure		0,69
A midi, température de l'air		$24°,00$
Psychromètre		30,00

Temps calme.

Dixième observation, 14 *et* 15 *septembre.*

La plante exposée à l'abri du soleil du 14 septembre, 5 heures du soir, jusqu'au 15 septembre, 7 heures du matin :

Soit à l'ombre pendant	$2^h.56^m$
Pendant la nuit	11.24
Temps écoulé	14.00
Eau évaporée	$27^{gr},05$
Par heure	1,96
Par décimètre carré et par heure	0,05

Le 15 septembre, à 7 heures du matin :

Température	14°,02
Psychromètre	70,00

Onzième observation, 15 septembre.

La plante au soleil dans un champ :

Exposée à	7h.20m	du matin.
Pesée à	5.00	soir.
Temps écoulé	9.40	
Eau évaporée		200gr,3
Par heure		20,93
Par heure et par décimètre carré		0,528

A 4 heures du soir :

Température	22°,6
Psychromètre	31,5

Les feuilles sont devenues pendantes vers 2 heures de l'après-midi. Les feuilles de topinambours et de betteraves de la grande culture se trouvaient dans le même état; elles étaient flétries dès 10 heures du matin. Dans les plantes des champs, comme dans la plante en expérience, l'eau du sol n'arrivait donc pas assez vite pour remplacer l'eau évaporée à la surface des parties vertes. Vers le soir les feuilles commençaient à se redresser.

Douzième observation, 15 et 16 septembre.

La plante est restée à l'ombre et à l'obscurité depuis le 15, à 5 heures du soir, jusqu'au 16 septembre, à 7h 30m du matin :

Temps écoulé	14h.30m
Eau évaporée	44gr,7
Par heure	3,908
Par décimètre carré et par heure	0,078

16 septembre, à 7 heures du matin :

Température	14°,2
Psychromètre	59,0

Treizième observation, 16 *septembre.*

La plante à l'ombre :

Exposée à	7h.30m du matin.
Retiré à	5.30 du soir.
Temps écoulé	10.00
Eau évaporée	65gr,0
Par heure	6,5
Par heure et par décimètre carré	0,084

A 1 heure du soir :

Température	20°,0
Psychromètre	36,5

Quatorzième observation, 19 *septembre.*

La plante au soleil fut exposée pendant une demi-heure à un vent très-fort, occasionné par le jeu d'un tarare employé au nettoyage du blé :

Eau évaporée	36gr,00
Par heure	72,00
Par décimètre carré en une heure	0,96

Ayant fait cesser la ventilation, l'air étant calme, la plante est restée au soleil ; on l'a pesée une heure après :

Eau évaporée	29gr,00
Par décimètre carré en une heure	0,74

Le thermomètre à l'ombre marquait 22 degrés.

Si la ventilation eût été plus forte, la plante n'aurait pas résisté. Je me propose, dans un travail spécial, d'exa-

miner l'effet d'un vent intense et prolongé sur la végétation.

Les résultats fournis par le topinambour dans la première quinzaine de septembre de l'année 1866 se résument ainsi :

La plante exposée :	Température à l'ombre.	État hygrométrique de l'air indiqué par le psychromètre.	Eau transpirée par les feuilles par heure et par décimètre carré.	
	o	o	gr	
u soleil (1)	24,5	62,0	0,16	ciel très-nuageux.
u soleil (3)	27,6	32,0	1,12	ciel découvert.
u soleil (9)	24,0	20,0	0,69	
u soleil (11)	22,6		0,53	
u soleil (14)	22,0		0,74	
u soleil et obscurité (5)	22,8	50,0	0,116	
u soleil et obscurité (6)	21,5	61,7	0,110	
l'ombre (2)	18,0	71,0	0,032	
l'ombre (13)	20,8	36,5	0,084	
mbre et obscurité (4)	20,9	60,0	0,091	
mbre et obscurité (10)	14,2	76,0	0,05	
uit (7)	23,2	74,0	0,043	
uit (12)	14,2	59,0	0,028	
uit (8)	14,6	96,0	0,025	

L'élévation de la température, la sécheresse, le vent ont favorisé la transpiration, tandis qu'une atmosphère refroidie, calme, humide l'a fortement atténuée.

Ainsi, par heure et par mètre carré de parties vertes, le plant de topinambour a perdu en moyenne :

Au soleil	65	grammes d'eau
A l'ombre	8	»
Pendant la nuit	3	»

Hales, ayant plongé dans l'eau la racine d'un pommier nain, trouva qu'en dix heures de jour l'arbre avait absorbé $6^{kg},804$ de liquide, tandis que par les feuilles il en avait perdu $7^{kg},031$. L'absorption par les racines avait donc été

moindre que l'évaporation par les parties vertes. Des branches de pommier, de poirier, de cerisier, d'abricotier portant toutes leurs feuilles et ayant leur extrémité plongée dans l'eau, en aspirèrent en douze heures de jour 424 à 848 grammes, et néanmoins elles étaient plus légères le soir que le matin, tandis que des branches semblables effeuillées n'en aspiraient plus que 28 grammes et pesaient plus le soir que dans la matinée. La quantité de liquide aspirée par les branches feuillues diminuait d'ailleurs rapidement, à ce point que les feuilles se flétrissaient en quatre ou cinq jours, effet que Hales attribuait à un resserrement des vaisseaux séveux opéré à la section transversale des branches.

De ces faits, il semble déjà résulter que l'aspiration de l'eau dans l'organisme végétal est déterminée par la transpiration, par l'évaporation accomplie à la surface des feuilles. Il en résulte aussi qu'une branche isolée ne parait plus posséder la même force d'aspiration que quand elle fait partie de l'arbre, puisque, bien que son extrémité plonge dans un réservoir, l'eau qu'elle en tire ne suffit plus pour remplacer celle qui est éliminée par l'évaporation.

Existe-t-il donc une force qui s'ajonte à la transpiration des parties vertes pour faire monter l'eau du sol dans la plante? Cette force réside-t-elle dans les racines? C'est ce que Hales pensait avoir prouvé dans une expérience capitale faite le 13 août 1723. « Ayant creusé le sol au pied d'un poirier, il choisit une racine d'un demi-pouce de diamètre, dont il coupa l'extrémité. Le chicot fut introduit et fixé dans un tube de verre de 1 pouce de diamètre et de 8 pouces de longueur qu'il remplit d'eau et auquel il ajouta encore un autre tube ayant 18 pouces de longueur et $\frac{1}{4}$ de pouce de diamètre, dont l'extrémité plongeait dans un vase contenant du mercure. » Le chicot de racine aspira l'eau qu'il touchait avec une telle vigueur qu'en six minutes le mercure s'éleva à la hauteur de 8 pouces. La force

de succion, tout au commencement de l'observation, équivalait à une colonne d'eau de $2^{mm},76$. Cette succion était-elle opérée par la racine ou plutôt par la tige souterraine de la racine? Les expériences de Hales prouvent, en effet, que cette force n'est pas particulière aux racines, puisque les branches garnies de feuilles l'exercent aussi. Le mercure de la jauge dans laquelle plongeait la section d'une branche de pommier, d'un rejeton de vigne, s'éleva de plusieurs pouces. L'ascension du mercure s'arrêtait dès que la branche était dépouillée de ses feuilles. Dans ce cas, l'ascension de l'eau serait donc déterminée uniquement par la transpiration des feuilles. Toutefois, la force ascendante diminue rapidement, les feuilles se dessèchent, ce qui n'arrive pas pour une plante pourvue de racines en contact avec un sol humide.

En prenant pour point de départ les expériences du physiologiste anglais, on a cru devoir mesurer cette transpiration, c'est-à-dire déterminer la quantité d'eau que les feuilles laissent échapper à l'état de vapeur, soit au soleil, soit à l'ombre, quand la plante est pourvue ou privée de racines.

Première observation (21-22 *mai* 1867), *Polonia.*

Une branche coupée à midi 27^{m} a été plongée par sa base dans un vase jaugé contenant de l'eau et exposée au soleil. La surface simple des feuilles était de $0^{mq},201$ (1), soit, pour les deux côtés du limbe, $0^{mq},402$:

		Eau de la jauge.	Poids de la branche.
	m	cc	gr
Branche mise à...	midi 30	46	65,6
Retirée à........	$5^{h}.00$	41	61,3
Temps écoulé..	$4^{h}.30$	— 5	— 4,3

(1) L'orifice de la jauge était fermé par un tampon de coton pour empêcher l'évaporation de la surface de l'eau.

La branche avait aspiré dans la jauge : eau..	5,0 gr
Elle en avait perdu....................	4,3
Eau disparue..........................	9,3 en 4h 30m
Par décimètre carré en une heure........	0gr,051

On remarquera que près de la moitié de l'eau évaporée avait été fournie par les feuilles, l'aspiration ayant été bien loin de suffire à l'évaporation.

Deuxième observation.

La branche a été replacée dans la jauge, exposée à l'ombre; on l'a retirée le jour suivant à 9 heures du matin.

			Eau de la jauge.	Poids de la branche.
	h		cc	gr
Le 21 mai....	5	soir...........	41	61,3
Le 22 mai....	9	matin.........	37	61,0
Temps écoulé.	16		— 4	— 0,3
Eau évaporée en vingt et une heures...........				4,3
Par décimètre carré en une heure.............				0gr,005

La transpiration a été très-faible à l'ombre et pendant la nuit. L'eau évaporée représente à très-peu près celle que la plante avait soutirée à la jauge. L'aspiration avait été suffisante, parce que la transpiration fut, pour ainsi dire, nulle.

Troisième observation (3 *juillet*). *Menthe avec racines.*

La surface totale des feuilles, au nombre de treize, était de 2 décimètres carrés y compris celle des tiges:

	h m		cc
Exposée au soleil à.	8.45	Eau dans la jauge.	212,0
Retirée à.........	1. 5	»	205,2
Temps écoulé.....	4.20	Eau évaporée..	7,1

Par décimètre carré, en une heure .... $0^{gr},824$

A 9^h du matin, tempér.	$22°,0$	Psychromètre.	$38°,0$
A $5^h 30^m$	» $24°,0$	»	$28°,5$

La plante a été placée à l'ombre.

	h m		cc
Mise après midi à.	1. 5	Eau dans la jauge.	205,2
Retirée à	4.30	»	202,8
Temps écoulé....	3.25	Eau évaporée.....	2,4

Par décimètre carré en une heure .... $0^{gr},360$

A $4^h 30^m$.

Température .... $23°,4$

Psychromètre .... $33°,0$

Quatrième observation (4 juillet). — Menthe sans racines.

Un plant portant quinze feuilles d'une surface totale de $2^{dmq},2$ a été plongé dans la jauge aussitôt qu'on eut séparé les racines.

L'exposition eut lieu au soleil :

	h m		cc
Mis à	8. 0	Eau dans la jauge.	179,4
Retiré à	1.10	»	177,5
Temps écoulé....	5.10	Eau évaporée.....	1,9

Par décimètre carré en une heure .... $0^{gr},16$

A 9 heures du matin :

Température .... $22°,0$

Psychromètre .... $39°,0$

L'appareil étant à l'ombre :

	h m		cc
Exposé à	1.10	Eau dans la jauge.	177,5
Retiré à	4.35	»	176,3
Temps écoulé....	3.25	Eau évaporée....	1,2

Par décimètre carré en une heure .... $0^{gr},159$

La menthe avec racines, soit au soleil, soit à l'ombre, a perdu plus d'eau que la menthe sans racines.

Cinquième observation (7 juillet). — Avoine.

On a opéré sur une graminée.

On a enlevé d'un champ une touffe d'avoine que l'on a plantée dans du sable humide contenu dans un vase en verre. Un couvercle en caoutchouc était ajusté de manière que l'évaporation ne pût avoir lieu que par les parties vertes.

Le vase fut enfoncé dans le sol pour le protéger contre l'ardeur du soleil; c'est par la balance qu'on a déterminé l'eau transpirée :

La surface des feuilles était.................	1452,0
Surface des tiges.........................	251,0
Superficie des parties vertes................	1703,0

Exposée au soleil à.	9h.27m	Poids de la jauge.	815gr,0
Retirée à.........	1.40	»	801,5
Temps écoulé.....	4.13	Eau évaporée....	13,5
Par décimètre carré en une heure............			0gr,189

A 10 heures du matin :

Température............................	25°,9
Psychromètre...........................	51°,0

Avoine :

Les plants ayant une surface de 17 décimètres carrés, placés dans du sable humide, ont été exposés pendant la nuit :

Le soir à........	10h.30m	Poids de la jauge.	797gr,0
Retiré le 8 juillet à	3.55 mat.	»	793,0
Temps écoulé.....	5.25	Eau évaporée..	4,0
Par heure et par décimètre carré.............			0gr,044

Sixième observation (7 *août* 1867). — *Maïs avec racines.*

La surface des feuilles a été trouvée de..........	5238 cq
Surface de la tige..............................	0222
Surface totale des parties vertes du plant........	5460

I. Exposition au soleil :

A.............	10h.40m	Poids de la jauge.	2023gr,0
Retiré à.......	3.30	»	1960,0
Temps écoulé...	4.50	Eau évaporée....	62,5
Par décimètre carré et en une heure..........			0gr,236

A 11 heures du matin :

Température..............................	17°,7
Psychromètre.............................	61,5

II. Le même appareil placé à l'ombre :

Mis, après midi, à.	3h.30m	Poids de la jauge.	1960gr,5
Retiré à........	6.25	»	1949,0
Temps écoulé....	2.55	Eau évaporée....	11,0
Par décimètre carré et en une heure..........			0gr,069

A 7 heures du soir :

Température..............................	18°,4
Psychromètre.............................	60°,5

Septième observation (10 *août*) : *Oignon.*

I. Exposition au soleil :

Surface totale des parties vertes 0mq,039

Exposé à.....	9h.40m matin	Poids de la jauge..	257gr,7
Retiré à......	3. 5	»	247,7
Temps écoulé.	5.25	Eau évaporée....	10,0

Par décimètre carré en une heure. . . . . $0^{gr},475$

Température	$21^{gr},5$
Psychromètre	72,0

II. L'appareil placé à l'ombre :

Exposé à	$3^{h}.5^{m}$	Poids de la jauge.	$247^{gr},7$
Retiré à.	7.40	»	247,2
Temps écoulé.	3.45	Eau évaporée. . .	0,5

Par décimètre carré en une heure. . . . . $0^{gr},034$

III. Un plant auquel on avait enlevé la bulbe a été introduit dans la jauge. La surface totale des feuilles était . . . . $0^{mq},0265$

Exposition au soleil :

Exposé à	$9^{h}.40^{m}$	Poids de la jauge.	$196^{gr},0$
Retiré à.	3.40	»	193,2
Temps écoulé.	6.00	Eau évaporée. . .	2,8

Par décimètre carré en une heure. . . . . $0^{gr},18$

A 10 heures, température. $21^{o},6$

IV. Appareil placé à l'ombre :

Exposé à	$3^{h}.40^{m}$ soir.	Poids de la jauge	$193^{gr},2$
Retiré à.	7.40 soir.	»	193,0
Temps écoulé.	4.00	Eau évaporée. . .	0,2

Par décimètre carré en une heure. . . . . $0^{gr},019$

Psychromètre . . . . $65^{o},0$

Après l'ablation de la bulbe, la plante n'a plus transpiré à beaucoup près autant.

Ces observations viennent à l'appui du fait énoncé précédemment, que l'aspiration de l'eau du sol par le végétal

est surtout déterminée par la transpiration des feuilles, puisqu'elle a lieu, du moins pendant un certain temps, sans le concours des racines, mais alors elle n'est pas continue; les racines paraissent donc douées d'une puissance d'injection, comme d'ailleurs Hales l'a reconnu dans l'expérience *sur la force de la séve à l'époque des pleurs de la vigne,* alors qu'il n'y a pas encore de feuilles. Au reste, l'éjaculation des liquides accumulés dans les organes souterrains n'est pas particulière à la vigne et ne se manifeste pas seulement au printemps, ainsi que Hales le pensait; elle est constante pour l'agave américain, les lianes, les palmiers. Il suffit d'en couper la tige un peu au-dessus du niveau du sol pour en voir sortir, quelquefois en abondance, de la séve dont on extrait des matières sucrées produisant des boissons alcooliques. Hoffmeister a d'ailleurs montré que les arbustes, les plantes herbacées émettent plus ou moins de séve en toute saison, quand on en coupe la tige près des racines; il a pu, à l'aide d'un appareil manométrique, en mesurer la force ascensionnelle, souvent considérable. Toutefois il y aurait lieu de rechercher si des gaz comprimés ou formés par la fermentation de matières sucrées dont la séve n'est jamais exempte ne contribuent pas, en s'échappant, à l'émission du liquide.

Une pression exercée sur la section d'une branche feuillée supplée momentanément à l'action des racines. Hales croyait que si l'effet n'était pas permanent, c'était parce que des parties ligneuses des branches finissaient par être oblitérées. On ne conçoit plus cette oblitération quand on injecte de l'eau distillée; et il est probable que, si la pression exercée par la colonne liquide n'agit pas comme la force d'injection attribuée aux organes souterrains, c'est que, dans le premier cas, il n'arrive que de l'eau dans la tige, tandis que, dans le deuxième cas, il vient de l'eau et de l'air dont le rôle ne saurait être contesté, depuis les intéressantes expériences de M. Jamin.

Dans l'opinion de Hales, la pression exercée sur la section d'une branche plongée dans l'eau remplacerait donc la force d'injection attribuée aux racines.

Le 17 août, il cimenta un tube de verre long de 9 pieds et de $\frac{1}{2}$ pouce de diamètre à une branche de pommier de 5 pieds de long et de $\frac{3}{4}$ de pouce de diamètre; ayant versé de l'eau dans le tube, il constata que cette eau baissa de 3 pieds en une heure. La branche ayant été coupée ensuite à 13 pouces au-dessus du point d'attache, il la plaça dans un vase contenant de l'eau : elle absorba 18 onces de liquide en dix-huit heures de jour et douze heures de la nuit, où l'évaporation a dû être insignifiante. Voyons de combien la pression d'une colonne d'eau de 9 pieds a favorisé la transpiration. En réduisant les mesures anglaises, on trouve que, sous une pression équivalant à 20 centimètres de mercure, en une heure, pour une même surface de feuilles, le volume de l'eau disparue a été de 232 centimètres cubes, tandis que par la seule force d'absorption le volume éliminé de la jauge n'a plus été que de $28^{cc},3$.

Pour se former une idée exacte de la faculté de transpiration exercée dans ces deux conditions, il eût fallu connaître l'étendue de la superficie des parties vertes. Les expériences que je vais rapporter ont été faites pour combler cette lacune en cherchant à évaluer l'évaporation opérée à la superficie des feuilles, soit par la simple force d'absorption, soit en favorisant cette absorption au moyen d'une pression exercée sur la section de la tige.

2 *mai* 1867. — *Vigne.*

I. Un jet dont la surface des feuilles (les deux côtés du limbe) avait $0^{mq},2268$ a été plongé dans l'eau par sa base.

			Eau dans la jauge.	Poids du rameau.
	h		cc	gr
Au Soleil à......	8	du matin.....	70,0	96,0
Retiré à.........	1	de l'après-midi.	68,0	89,6
Temps écoulé....	5	Eau disparue.	2,0	6,5
				2,0
		Eau évaporée........		8,5
Par décimètre carré de feuilles en une heure...				0,075

L'aspiration n'était pas assez énergique pour remplacer l'eau que les feuilles transpiraient; aussi ont-elles été visiblement flétries. En cinq heures l'eau disparue tant de la jauge que des feuilles pesait $8^{gr},5$. La branche, en perdant $6^{gr},6$ d'eau, n'en avait donc pris que 2 grammes à la jauge.

II. On a fait alors intervenir la pression. Un jet de vigne, dont les feuilles présentaient une surface de $0^{mq},18$, a été liée à un tube dans lequel on versa de l'eau, de manière que la section du rameau supportât une colonne de $1^{m},23$.

			Poids du rameau.
	h m		gr
Au Soleil à.......	8.10	du matin.....	72,2
Retiré à..........	1.04	de l'après-midi.	68,5
Temps écoulé......	4.54		3,7
Diminution de l'eau dans le tube..........			8,0
Eau totale évaporée......................			11,7
Par décimètre carré en une heure..........			0,132

A 9 heures du matin :

	o
Thermomètre à l'ombre......................	20,7
Psychromètre »	72,0

La transpiration a été doublée par l'influence de la pression, mais, même dans cette condition, l'eau n'est pas entrée en quantité suffisante pour remplacer celle qui était

sortie par l'évaporation et, dans les deux cas, elle a été anormale et de peu d'importance. Aussi les feuilles sont-elles devenues flasques, ce qui n'arriva pas aux feuilles d'une vigne en pleine terre; et même en supposant, ce qui est probable, qu'il entrait moins d'eau venant du sol qu'il n'en sortait, la différence n'était pas assez forte pour affecter le port des feuilles, comme il est arrivé pour les rameaux détachés de la vigne. Les racines favoriseraient donc l'introduction de l'eau du sol dans la plante bien autrement que la pression exercée sur la section d'une branche.

Deuxième observation (8 *septembre* 1867). — *Vigne.*

I. La surface des feuilles portées par le rameau exposé au soleil était $0^{mq},3862$.

		Poids de la jauge.	Poids du rameau.
	h m	gr	gr
Au soleil à..	8.40 du matin.....	520,6	98,5
Retiré à....	5.22 de l'après-midi.	504,0	78,5
Temps écoulé	8.42 Eau disparue..	16,6	20,0
		20,0	
	Eau évaporée..	36,6	
Par décimètre carré en une heure....		$0^{gr},11$	

II. Dans une expérience exécutée parallèlement, on a fait intervenir la pression d'une colonne d'eau de $2^{m},7$, la surface des feuilles étant de $0^{mq},79$.

		Poids du rameau.
	h m	gr
Au soleil à......	8.40 du matin........	202,5
Retiré à..........	5.22 de l'après midi...	183,8
Temps écoulé.....	8.42	18,7
Eau injectée par pression..................		78,1
Eau évaporée...........................		96,8
Par décimètre carré en une heure...........		$0^{gr},141$

Le 8 septembre, le temps fut très-beau, l'air calme.

A 3 heures :	température de l'air.............	26°,2
»	psychromètre..................	36°,5

Les feuilles n'ont pas transpiré plus sensiblement sous l'influence de la pression; l'eau injectée n'a pas suffi pour subvenir à leur transpiration, puisqu'elles ont perdu près de 19 grammes.

Troisième observation (30 *août* 1867). — *Mûrier blanc.*

I. L'extrémité d'une branche dont les feuilles présentaient une surface de $93^{dmq},84$ a été disposée dans une jauge.

		Poids de la jauge.	Poids de la branche.
A.............	$10^h.00^m$ du matin.	$616^{gr},95$	$147^{gr},2$
Retirée à.......	4.20	607,50	136,2
Temps écoulé...	6.20	— 9,45	—11,0
		11,00	
		20,45	

L'eau aspirée a été à peu près la moitié de l'eau transpirée par la branche.

Par décimètre carré en une heure............		$0^{gr},035$
A 1 heure :	température de l'air..............	24°,5
»	psychromètre.....................	62°,0

On fit parallèlement une autre expérience sous la pression d'une colonne d'eau de $2^m,40$.

La surface des feuilles était de 84 décimètres carrés.

Au soleil, à...	$10^h.00^m$	Poids de la branche..	$147^{gr},10$
Retirée à......	4.20	»	143,15
Temps écoulé..	6.20	»	—3,95
L'eau injectée dans la branche..............			49,70
Eau évaporée.............................			53,65
Par décimètre carré, en une heure...........			0,10

La transpiration des feuilles a été fort différente dans les deux cas. La pression a fait pénétrer beaucoup plus d'eau dans la branche que la simple aspiration n'en avait introduite; néanmoins cette pression n'en a pas encore fourni assez pour remplacer celle qui sortait par l'évaporation ; les feuilles en ont encore perdu environ 4 grammes.

Quatrième observation (3 septembre 1867). — Marronnier d'Inde.

I. Une branche, ayant une surface de feuilles de 120 décimètres carrés, a été disposée pour l'aspiration.

		Poids de la jauge.	Poids de la branche.
	h m	gr	gr
Exposition au soleil, à.	8.55	541,1	163,1
» à.	4.35	498,3	146,3
Temps écoulé........	7.40	—42,8	—16,8
		16,8	
Eau évaporée...		59,6	
Par décimètre carré en une heure............			0gr,067

Les feuilles étaient légèrement flétries.

II. On a fait intervenir la pression d'une colonne d'eau de $2^{m},40$.

Surface des feuilles...................... 183dmq,76

		Poids de la branche.
	h m	gr
Exposition au soleil, à..........	8.30	186,8
» à..........	4.20	166,3
Temps écoulé.................	7.50	—20,5
Il était entré dans la branche, eau..........		86,5
Eau évaporée...........................		107,0
Par décimètre carré en une heure............		0gr,075

Malgré la pression, l'eau introduite n'a pas pénétré assez promptement pour subvenir à la transpiration.

Sur 107 grammes d'eau évaporée, les feuilles en avaient fourni 20gr,5. Ainsi, sous l'influence d'une assez forte pression, elles n'ont pas transpiré beaucoup plus que quand l'eau était puisée dans la jauge par la simple aspiration. La différence n'a pas dépassé $\frac{1}{7}$. On a pu, d'ailleurs, se convaincre que la quantité d'eau injectée dans la branche, par l'effet de la pression, diminuait assez rapidement.

De	8h30m à 9h30m	Eau injectée	......	35cc,8
	9.20 à 11.45	»	......	26,6
	11.45 à 2.20	»	......	14,5
	2.20 à 4.20	»	......	9,6
				86,5

Il avait fait très-beau; l'humidité de l'air était assez forte.

	Température de l'air.	Psychromètre.
8 heures....................	18°,6	77
Midi......................	22,7	59
2 heures après-midi.........	24,9	47,5

Cinquième observation, 4 septembre 1867 : Châtaignier.

I. La branche ayant une surface de feuilles de 40dc,18 a été exposée en plein soleil.

		Poids de la jauge.	Poids de la branche.
A	11h.54m	529gr,15	158gr,6
A............	4.40	499,50	157,0
Temps écoulé..	4.46	—29,65	—1,6
		1,60	
Eau évaporée......		31,25	

Par décimètre carré en une heure ...... 0gr,164.

II. En faisant intervenir la pression d'une colonne d'eau de 2m,40.

Surface des feuilles 90dc,14

		Poids de la branche.
	h	gr
A....	11.54	170,0
A.....................	4.40	174,3
Temps écoulé...	4.46	+4,3
Eau injectée dans la branche............		242,8

En retranchant l'eau restée dans la branche, on a :

Eau évaporée........................	238gr,5
Par décimètre carré en une heure........	0,555

L'évaporation sous l'influence de la pression a été trois fois aussi forte que sans son intervention, et l'eau injectée a suffi et au delà pour remplacer l'eau évaporée, puisque la branche en a acquis plus de 4 grammes. Le ciel, pendant l'expérience, est resté d'une grande pureté. Le vent soufflait de l'est avec assez de force, l'air était sec; aussi, dans nos cultures de betteraves, les feuilles étaient flétries. Celles de la branche du châtaignier avaient conservé leur rigidité.

A 11h30m	température.....................	25°,8
»	psychromètre....................	45,5

Sixième observation du 7 septembre 1867. — Sapin.

Suivant Hales, les arbres toujours verts transpirent bien moins que les autres; c'est à cette circonstance qu'il attribuait la résistance de certaines plantes au froid de l'hiver, parce qu' « elles n'ont besoin de ne conserver que très-peu de nourriture, à peu près comme les animaux à sang froid, qui ne transpirent pas beaucoup, peuvent passer l'hiver sans prendre d'aliments. » Aujourd'hui

cette analogie ne saurait être admise, mais il est de fait que les feuilles toujours vertes consomment moins d'eau que les autres pour maintenir leur fraîcheur; c'est très-probablement pour cette raison que les arbres verts résistent à de grandes sécheresses, soit parce que réellement les feuilles transpirent peu, soit que, comme les plantes grasses, elles accumulent dans leurs vaisseaux trachéens une réserve d'eau pendant la saison des pluies, soit simplement enfin parce que la rigidité des aiguilles dissimule la perte en eau.

La mesure de la surface des aiguilles d'une branche de sapin ne se fit pas sans difficulté. On y parvint en collant ces aiguilles sur une plaque de verre, dont on connaissait la superficie.

I. Exposition au soleil :

L'extrémité d'une branche de pin maritime fut mise dans une jauge.

La superficie des feuilles était................	$40^{dq},57$
La surface double..........................	81,14

		Poids de la jauge.	Poids de la branche.
A..........	$9^h.10^m$ matin	$676^{gr},6$	$253^{gr},5$
A.	4 soir	664,7	249,4
Temps écoulé.	6.50	—11,9	—4,1
Eau sortie des aiguilles.........		4,1	
Eau évaporée.................		15,0	
Par décimètre carré, en une heure...........			$0^{gr},027$

L'eau aspirée n'a pas suffi pour remplacer l'eau éliminée par la transpiration. Les aiguilles en avaient perdu $4^{gr},1$, le tiers à peu près de la quantité évaporée en $6^h 50^m$.

II. On a fait intervenir la pression d'une colonne d'eau de $2^m,40$. La surface des aiguilles de la branche était $100^{dq},48$.

Au soleil à...	9^{h}.10^{m}	Poids de la branche.	327^{gr},5
» à...	4.00	»	319,2
Temps écoulé.	6.50	»	—8,3
Eau entrée dans la branche................			23,7
Eau évaporée...........................			32,0
Par décimètre carré d'aiguilles en une heure...			0^{gr},044

Sous pression, la transpiration a presque doublé. Néanmoins l'eau injectée n'a pas été suffisante pour compenser celle qui était sortie.

7 *septembre*. — Ciel découvert durant les observations; air calme et chaud :

A 3 heures, température à l'ombre............. 27°,6
» psychromètre.................... 32,0

On voit combien les aiguilles de sapin ont peu transpiré nonobstant une forte chaleur et une grande sécheresse.

Septième observation, 9 *septembre* 1866. — *Maïs.*

I. Un plant a été coupé au-dessus du collet de la racine et mis dans une jauge. On a trouvé pour la surface des parties vertes :

Feuilles..................................	19^{dq},00
Tige......................................	4,70
Surface totale............................	23,70

Exposition au soleil :

		Poids de la jauge.	Poids du plant.
A...........	8^{h}.50^{m}	698^{gr},50	128^{gr},0
A...........	5.10	638,85	113,8
Temps écoulé.	8.20	—59,65	—14,2
		14, 2	
Eau évaporée..............		73,85	
Par décimètre carré, en une heure...........			0^{gr},374

L'observation a été continuée en maintenant la plante dans l'obscurité.

II. Placée dans un cellier le 9 septembre :

		Poids de la jauge.	Poids du plant.
A..........	5h 10m soir	638gr,85	113gr,8
Retirée le 10 à.	8.12	638,80	107,5
Temps écoulé.	15.02	—0,05	—6,3
		6,30	
Eau évaporée..................		6,35	

Par décimètre carré, en une heure............ 0gr,02

A 7 heures du soir, température de l'air........ 24°,0
Psychromètre.............................. 83,0

III. La section d'un plant de maïs a été soumise à la pression d'une colonne d'eau de 2m,70.

Surface des feuilles	25dq,34
Surface de la tige..........................	6,66
Surface totale	32,00

Exposition au soleil :

A...........	8h.50m matin.	Poids du plant.	140gr,5
A...........	5.26	»	132,8
Temps écoulé.	8.36	»	—7,7
Eau injectée dans le plan....................			221,0
Eau évaporée................................			228,7
Par décimètre carré, en une heure.			0gr,83

A 10 heures du matin, température .... 22°,6
» psychromètre........... 64,0

Au soleil la transpiration a été près de trois fois aussi forte sous l'influence de la pression qu'elle l'avait été lorsque la base de la tige plongeait dans l'eau. Cependant l'eau injectée n'a pas encore suffi pour compenser la perte occa-

du près de

Au soleil à... 9.10 Po·

» à... 4.00 que, si l'on

Temps écoulé. 6.50 tiquée à l'ex-

Eau entrée dans la bran · herbacée, ce

Eau évaporée...... plus ou moins

Par décimètre carré ıerme et les cir-

Sous pression, ɹion est accélérée par

moins l'eau inj cas, c'est-à-dire par l'aspi-

celle qui étai ent par les feuilles ou par la

7 septem e la pression, l'eau introduite dans

air calme insuffisante pour remplacer celle que

A 3 heu ent passer à l'état de vapeur au soleil et

re; les organes verts perdant plus d'eau qu'ils

ent. Aussi voit-on bientôt les feuilles se flétrir.

O .. Il faut le reconnaître, le phénomène de l'aspira-pi· ., par suite de la transpiration des feuilles, n'est per-manent que sur une plante entière établie dans une terre suffisamment humide. Si par l'effet d'un soleil ardent, d'un vent impétueux, d'une grande sécheresse, les feuilles se flétrissent, s'inclinent vers la tige, comme cela arrive fréquemment dans les cultures pendant les fortes insolations, durant les vents chauds, cet état est passager et disparaît avec les causes qui l'ont provoqué. Ainsi, par un abaissement de température, par l'humidité de l'air ambiant, les feuilles accumulent alors dans leur parenchyme l'eau qu'elles reçoivent du sol, elles ne la dissipent plus; le matin, après une nuit fraîche succédant à une chaude journée, on les trouve généralement redressées, si le sol n'a pas subi la dessiccation; rien de semblable n'arrive aux feuilles d'une branche détachée de l'arbre, aux feuilles d'une tige herbacée : elles ne récupèrent pas la nuit l'eau perdue pendant la chaleur et la sécheresse du jour, bien que leur extrémité soit maintenue dans le liquide, d'où il faut conclure avec Hales que les racines in-

(317) maintenant la plante dans

…ment dans l'introduction de l'eau du sol
…llement une force d'injection ? C'est
… suffisamment établi ? Est-ce par
…de la terre humide, imbibition
…che en proche, de la racine
… aux feuilles ? Il en ré-
…r la quantité d'eau qu'une
… transpiration, il faut l'ob-
… une situation normale où tous
…nt : c'est ce que Hales a fait, pour
…oux, la vigne, en faisant usage de la ba-

…s cette méthode des pesées n'est pas applicable
…gétaux de grande dimension. On a vu que Hales a
…rché à tourner la difficulté, en observant sur les branches détachées ; mais alors on sort des conditions ordinaires, et en réalité ce que l'on constate, c'est surtout le progrès de la dessiccation des feuilles adhérentes à la branche, par la raison qu'elles ne reçoivent plus l'eau que leur amèneraient, par injection ou par imbibition, les racines et la tige. Aussi, quand Hales opéra sur une des branches isolées pour démontrer le fait de l'aspiration attribuable à la transpiration, il ne donne plus la surface des feuilles, il ne cherche plus à établir le rapport existant entre cette surface et le volume d'eau transpirée.

L'injection favorise certainement l'introduction de l'eau dans la tige et par suite dans les feuilles, suppléant ainsi, dans une certaine mesure, aux fonctions des racines. Mais on a vu aussi que la quantité d'eau introduite par ce moyen a constamment diminué, malgré la persistance de la pression, diminution que, dans les expériences décrites plus haut, on ne saurait attribuer à l'oblitération des tissus causée par des matières terreuses, puisque l'on a toujours injecté de l'eau distillée, de l'eau pure.

Les racines, la tige, les feuilles, bien que remplissant

des fonctions distinctes et en quelque sorte indépendantes, concourent simultanément à l'introduction et à la circulation de l'eau dans la plante, cela est incontestable. Les racines agissent surtout par endosmose; leur épiderme, n'ayant pas d'ouverture, de stomates, transmet l'eau aux cellules qui la font refluer vers la tige. Le tissu ligneux, par l'effet de la capillarité, par l'imbibition, dirige le liquide dans les cellules des feuilles, d'où il sort en partie par l'évaporation. C'est ainsi que l'eau du sol introduite et transformée en séve ascendante, en traversant l'organe souterrain, arrive dans le parenchyme chargée de principes fertilisants. Dans les feuilles, par le fait de leur transpiration, la séve est concentrée; les matériaux qu'elle a empruntés à la terre sont acquis à l'organisme, où, après avoir été modifiés par la lumière, ils sont répartis, distribués par la séve descendante.

Si l'eau que transpirent les feuilles était immédiatement remplacée par l'eau qu'apporteraient les racines, le phénomène de la circulation serait très-simple; mais généralement, ainsi que je crois l'avoir prouvé, pour des temps égaux il n'y a pas égalité entre la quantité de liquide introduite par les organes souterrains et les liquides dissipés par les organes aériens. Au soleil, par exemple, les feuilles perdent une fraction de leur eau de constitution, et sans aucun doute la perte serait encore plus prononcée sans l'humidité qu'elles tirent de la tige. Le tissu ligneux se comporte alors comme un réservoir, comme un régulateur ayant pour effet d'atténuer l'inégalité d'action des deux organes exerçant des fonctions opposées. La plupart des végétaux, durant les périodes de longue sécheresse, succomberaient sans cet intermédiaire; leur existence dans cette condition défavorable est d'autant plus assurée que la masse humide interposée entre les racines et les feuilles est plus grande; c'est pourquoi les arbres supportent mieux la sécheresse que les herbacées, à moins que, comme les

cactées, ces plantes ne renferment dans leur parenchyme une très-forte réserve d'eau, protégée par une cuticule peu perméable. Pour les feuilles des plantes en pleine terre, il paraît difficile de déterminer la perte en eau qu'elles subissent durant leur transpiration. Il n'y a d'indice de cette déperdition que leur changement d'aspect; elles deviennent flasques, pendantes, si elles ne sont pas suffisamment rigides.

C'est ici qu'il convient de faire remarquer que, si les feuilles d'un végétal, planté dans une terre humide, perdent pendant le jour, surtout au soleil, plus d'eau qu'il n'en vient par les racines, il en résulte qu'en évaluant la vitesse de l'ascension de la séve d'après des pesées, ainsi que l'a fait Hales dans son expérience « sur la quantité de liquide que les arbres et les plantes tirent et transpirent », on est exposé à commettre une erreur, puisque l'on suppose, ce qui n'est peut-être jamais le cas, que l'eau transpirée est immédiatement remplacée par celle de la séve ascendante. Or il est de la dernière évidence qu'une partie de cette eau transpirée, accusée par la balance, ne vient pas de traverser actuellement la tige, puisqu'elle a été fournie par les feuilles en voie de dessiccation. La perte que l'on constate provient donc à la fois des feuilles et des tiges. Elle n'exprime pas la faculté de transpiration attribuée à la feuille considérée isolément et qui dépend nécessairement de l'organisation, du nombre des stomates, de l'épaisseur du parenchyme, du plus ou moins de perméabilité de l'épiderme. On est alors conduit, pour estimer la faculté de transpiration, à observer sur des feuilles détachées de la plante; mais alors, on le conçoit, l'observation ne doit pas être prolongée, parce que la feuille abandonnera son eau de constitution d'autant plus lentement à mesure qu'elle en contiendra moins par l'effet de l'évaporation.

§ II.

TRANSPIRATION DES FEUILLES AU SOLEIL ET A L'OMBRE.

Si l'on touche une feuille suffisamment rigide attenant à une plante, par exemple à la vigne, on éprouve une sensation de fraîcheur; alors même qu'elle est en plein soleil, sa température est inférieure à celle de la main; maintenant, qu'on en brise le pétiole, de manière qu'elle ne soit plus suspendue que par quelques filaments, son épiderme deviendra chaud au toucher.

Il est facile d'expliquer cette différence de température. Si une feuille ne s'échauffe pas sensiblement au soleil, tant qu'elle est en communication avec la plante, c'est qu'elle reçoit incessamment de la séve aqueuse venant du sol humide: l'évaporation accomplie à sa surface contribue d'ailleurs à en maintenir la fraîcheur; mais, aussitôt la rupture du pétiole, la feuille s'échauffe immédiatement et cela par deux raisons : la séve ne parvient plus dans ce parenchyme, et l'évaporation devient moindre à la surface du limbe : aussi la feuille commence-t-elle à se faner; toutefois l'effet n'est pas instantané. La feuille ne meurt pas aussitôt qu'elle cesse d'être en communication avec le végétal: l'eau dont elle est pénétrée continue à s'évaporer, et il y a tout lieu de croire que pendant un temps limité, il est vrai, elle transpire comme si elle était fixée à la tige; si donc on pesait une feuille, aussitôt après l'avoir détachée, et qu'ensuite on la fixât sur la branche à la place qu'elle occupait, elle continuerait à transpirer, et si, après une courte exposition, on la pesait de nouveau, la différence de poids indiquerait l'eau perdue dans l'intervalle des deux pesées. L'exactitude reposerait sur la rapidité des opérations. Quelle que soit l'habileté de l'observateur, une pesée faite à une balance de précision exige du temps, surtout quand il s'agit d'accuser des différences de quelques milligrammes.

Il y a plus, une feuille qui aura été placée au soleil éprouvera, pendant le transport sur le plateau de la balance, une perte qui, pour des temps égaux, ne sera pas ce qu'elle avait été durant son exposition, par la raison qu'elle continue à transpirer. L'observation deviendrait alors impossible, parce que les corrections, si l'on voulait en introduire, approcheraient et dépasseraient même quelquefois la différence de poids qu'il s'agirait de constater. Heureusement qu'une feuille, quand on vient de la cueillir, garde pendant quelques instants un poids à peu près invariable, lorsqu'elle est immédiatement enfermée dans une atmosphère très-limitée. Dans cette condition, la feuille placée sur la balance a, par conséquent, le poids qu'elle avait sur la tige. C'est ainsi que l'on a procédé. Aussitôt détachée, on enfermait la feuille dans une boîte plate en étain, très-légère, fermant en tabatière; une fois pesée, on la remettait dans la boîte pour la reporter sur la plante où on la fixait, par son pétiole, au moyen d'une pince à ressort à la même place où on l'avait prise. On notait l'heure au commencement et à la fin de l'exposition. Ensuite, après la deuxième pesée, on mesurait la surface de la feuille.

Cette méthode des pesées rapides n'a sans doute rien de neuf, on a dû l'employer en Physiologie : elle donne, je crois, des résultats d'une exactitude suffisante.

Après avoir consulté le chronomètre, le thermomètre, le psychromètre, on connaissait :

1° La durée de l'exposition de la feuille;

2° La température et l'état hygrométrique de l'air;

3° La superficie de la feuille.

Les feuilles, aussitôt détachées du plant, n'étaient restées exposées au soleil ou à l'ombre que durant peu de temps, si ce n'est pendant la nuit, alors que l'évaporation est extrêmement faible; c'est seulement en procédant de la sorte qu'il est permis d'admettre qu'une feuille libre, exposée à

l'air, émet à très-peu près la quantité de vapeur qu'elle eût émise dans le même espace de temps, si elle était restée sur la branche.

Je rapporterai maintenant, comme exemple, une série d'observations faites sur des feuilles de vigne, prélevées sur le même cep.

I. 18 mai 1866, 3 feuilles :

		Poids des feuilles.	Surface.
		gr	cq
Au soleil, à...	12h 32m	11,76	579,2
» à...	12h 50	10,75	
Temps écoulé.	0h 18 Eau évaporée.	1,01	
Par décimètre carré en une heure..............			0gr 58

Température 20°,3, psychromètre 45°,5, vent d'ouest.

II. Observations pendant la nuit :

		Poids des feuilles.	Surface.
		gr	cq
23 mai à.....	7h 00m soir	4,44	444,9
24 mai à.....	5h 30 matin	4,31	
Temps écoulé.	10h 30 Eau évaporée.	0,13	
Par décimètre carré en une heure...........			0gr,003

Température 15°, psychromètre 80°, ciel couvert, vent d'ouest.

III. 31 mai :

		Poids de la feuille.	Surface.
		gr	cq
A...........	5h 45m matin	3,220	568,8
A...........	6h 15	2,945	
Temps écoulé.	0h 30 Eau évaporée.	0,275	
Par décimètre carré, en une heure...........			0gr,205

Température 17°,4, psychromètre 66°, ciel nuageux, air calme.

IV. 31 mai :

		Poids de la feuille.	Surface.
Au soleil......	9h 10	4gr,320	243cq,8
»	9h 37	4,100	
Temps écoulé..	0h 27 Eau évaporée.	0,220	

Par décimètre carré en une heure............ 0gr,205

Température 20°,6, psychromètre 53°, air calme.

V. 31 mai :

Au soleil.............................. 11h.42
» .... 12. 7 soir.
Temps écoulé.......................... 0.25

Poids de la feuille....... 4gr,350 Surface.. 333cq,8
» 3,730
Eau évaporée........... 0,220
Par décimètre carré en une heure............ 0gr,445

Température 22°,4, psychromètre 56 degrés, ciel pur, vent d'ouest très-fort.

VI. 31 mai :

A l'ombre.............................. 3h.00m
» 3.20
Temps écoulé.......................... 0.20

Poids de la feuille....... 4gr,560 Surface.. 429cq,8
» 4,330
Eau évaporée........... 0,230
Par décimètre carré en une heure........... 0 ,153

Température, 25°,0, psychomètre 56 degrés, ciel couvert, calme.

VII. 31 mai :

A.................................. 5h.54m
» 6.10
Temps écoulé.......................... 0.16

Poids de la feuille.......	gr 4,520	Surface..	330cq,4
»	4,420		
Eau évaporée...........	0,100		
Par décimètre carré en une heure.............			0,113

Température 19°,1, psychromètre 69°, ciel nuageux, calme.

Observation faite pendant la nuit :

1er juin, soir.........................	h m 6.00
2 juin, matin.........................	6.00
Temps écoulé.........................	12.00

Poids de la feuille.......	gr 4,420	Surface..	330cq.
»	4,200		
Eau évaporée...........	0,220		
Par décimètre carré en une heure.............			0,006

Température 13°,4, psychomètre 84 degrés.

2 juin, à l'ombre :

A.........................	h m 7.30 matin
»	9.20
Temps écoulé.........................	1.50

Poids de la feuille.......	gr 5,490	Surface..	435cq,8
»	4,950		
Eau évaporée...........	0,540		
Par décimètre carré en une heure.............			0,067

Température 14°1, psychromètre 89 degrés, vent nord-ouest.

Observations faites pendant la nuit :

9 juin.........................	h m 7.00 soir.
10 juin.........................	5.45 matin.
Temps écoulé.........................	10.45

Poids de la feuille....... 3,930 Surface.. 312^{cq}
» 3,610

Eau évaporée........... 0,320
Par décimètre carré en une heure............. 0,010
Température 14°,8, psychromètre 76 degrés.

20 juin, au soleil...................... $8^h.45^m$
» 9.12

Temps écoulé........................ 0 27

Poids de la feuille....... $5^{gr},050$ Surface.. 331^{cq},9
» 4,550

Eau évaporée........... 0,500
Par décimètre carré en une heure............. 0,328

Température 18°,6, psychromètre 56 degrés, ciel pur, vent d'est faible.

20 juin, au soleil :
» A.................... $11^h.30^m$
» A.................... 11.45

Temps écoulé........................ 0.15

Poids de la feuille....... $5^{gr},750$ Surface.. 263^{cq},0
» 5,300

Eau évaporée........... 0,450
Par décimètre carré en une heure............. 0,684

Température 20°,2, psychromètre 47°, ciel pur, vent d'est très-fort.

20 juin, au soleil...................... $4^h.15^m$
» 5.05

Temps écoulé........................ 0.50

Poids de la feuille....... $4^{gr},900$ Surface.. 240^{cq}.
» 4,520

Eau évaporée........... 0,380

Par décimètre carré en une heure............. 0,190

Température 22°,8, psychromètre 63°, vent N.-E. assez fort.

20 juin à l'ombre.....................			9h.15m
»			9.30
Temps écoulé.........................			0.15
Poids de la feuille.......	5gr,270	Surface..	332cq,4
»	5,520		
Eau évaporée..........	0,200		
Par décimètre carré en une heure.............			0,240

Température 18°,6, psychromètre 80 degrés.

21 juin, au soleil....................			11h.33m
»			11,50
Temps écoulé.........................			0,17
Poids de la feuille......	5gr,990	Surface..	332cq,5
»	5,690		
Eau évaporée...........	0,300		
Par décimètre carré en une heure............			0gr,318

21 juin, au lever du soleil :

» A....................			5.52m
» A....................			6.08
Temps écoulé.........................			0.16
Poids de la feuille.......	5gr,520	Surface..	276cq,8
»	5,230		
Eau évaporée...........	0,290		
Par décimètre carré en une heure.............			0,393

22 juin à l'ombre, pendant la pluie, le cep étant sous un abri :

Matin..............................	7h.30m
Midi................................	12.48 soir.
	5.18

Poids de la feuille.......	5gr,410	Surface..	292cq,1
»	5,330		
Eau évaporée...........	0,080		
Par décimètre carré en une heure.............			0,005

Température 13°,7; psychromètre 100, vent d'ouest très-fort.

Observation faite pendant la nuit:

22 juin............................	8h.45m	soir.
23 juin............................	5.55	matin.
Temps écoulé.......................	9.10	

Poids de la feuille.......	5gr,540	Surface..	298cq,8
»	5,450		
Eau évaporée...........	0,090		
Par décimètre carré en une heure............			0,003

Température 14°,0, psychromètre 80 degrés, vent sud-ouest très-fort.

A partir du 22 juin 1866, le vent souffla du sud-ouest; sa force augmenta graduellement; le 26, c'était un ouragan, des arbres furent déracinés, brisés. Les feuilles desséchées pendaient sur la branche; les plantes herbacées souffrirent encore davantage. Les feuilles des topinambours, de betteraves, étaient flétries. Seule, la vigne avait résisté. Cette circonstance d'une sécheresse aussi intense donna lieu à une observation intéressante: plusieurs feuilles séparées du cep furent fixées sur la tige au moyen d'une pince. En moins d'une heure, elles devinrent tellement sèches que l'on pouvait les pulvériser en les froissant dans la main, tandis que les feuilles attachées au cep conservèrent leur *souplesse, leur fraîcheur;* on peut dès lors juger de la quantité d'eau qu'elles recevaient du sol, pour être maintenues en cet état.



Le 26 juin, à 2 heures :

Température à l'ombre pendant l'ouragan... 20°,4
Psychromètre......................... 39,0

L'air était très-sec sans doute, mais c'est surtout à la rapidité de son renouvellement, à la force du vent, qu'il faut attribuer la grande dessiccation éprouvée par les feuilles, lorsque la séve n'arrivait pas assez rapidement dans la plante pour remplacer l'eau évaporée.

Résumé des observations faites sur la transpiration des feuilles de la vigne.

Dates et heures.		Eau transpirée par décimètre carré en 1 heure.	Température.	Psychromètre.	Remarques.
Au soleil :					
18 mai 1865,	midi......	0,580	20°,3	45°,5	Vent d'ouest.
31 »	6h matin...	0,205	17,4	66,0	Calme.
31 »	9h matin...	0,200	20,6	53,0	Calme.
31 »	midi	0,446	22,4	56	Vent d'O. très-fort.
20 juin,	5h matin...	0,180	14,8	76	Calme.
20 »	9h matin...	0,328	18,6	56	Vent d'est faible.
20 »	midi......	0,684	20,2	47	Vent d'est t.-fort.
20 »	4h soir.....	0,190	22,8	63	Vent N.-E.
21* »	midi......	0,383	20,2	50	Vent N.-E. fort.
22 »	6h matin...	0,393	22,8	46	Vent N.-E. fort.
A l'ombre :					
31 mai	3h soir.....	0,153	25,1	56	Calme.
31 »	6h soir.....	0,113	19,1	69	Ciel nuageux, calme.
2 juin	8h matin...	0,007	14,1	89	Vent N.-O.
20 »	9h matin...	0,240	18,6	80	Vent E. faible.
22 »	10h matin...	0,005	13,7	100	Vent d'O., pluie.
Pendant la nuit :					
23 mai,	»	0,003	15,0	80	Ciel couv., v. d'O.
31 »	»	0,006	13,4	84	Vent N.-O.
9 juin,	»	0,009	18,4	73	Vent N.-O. fort.
22 »	»	0,003	14,0	80	Vent S.-O. fort.

Je mets à la suite de ce tableau quelques observations faites sur des feuilles cueillies sur la même vigne, l'année 1868.

Dates et heures des observations.	Eau transpirée par décimètre carré des feuilles en 1 heure.	Température.	Psychromètre.	Remarques.
21 juillet, 2^h à l'ombre....	0,14	18°,3	57°	
3^h à l'ombre....	0,27	20,0	45	
27 juillet, 10^h à l'ombre...	0,11	15,6	66	Ciel couvert.
30 » 1^h à l'ombre....	0,09	15,7	73	»
31 » 7^h mat. à l'ombre.	0,06	13,0	81	»
2 août, 6^h mat. à l'ombre.	0,01	11,0	96	»
» midi au soleil.....	0,34	12,0	90	
5 août, 7^h mat. au soleil..	0,21	13,4	89	Vent d'O., ciel nuag.
» 7^h mat. à l'ombre..	0,09	13,4	89	» »
» 8^h soir au soleil...	0,57	14,3	75	
» 2^h soir à l'ombre..	0,13	14,3	75	
» 5^h soir à l'ombre..	0,08	12,0	90	
4 sept., 10^h mat. à l'ombre.	0,12	18,6	79	
» 10^h mat. à l'ombre.	0,12	18,6	79	

Comme moyenne on a pour l'eau transpirée par 1 décimètre carré de feuilles de vigne du même cep :

Par 15 observations au soleil.......	0gr,3554
Par 15 observations à l'ombre......	0,1119
Par 4 observations pendant la nuit..	0,0052

Transpiration des feuilles de houblon.

I. Sur la limite d'une houblonnière établie au bord de la Saüer, au pied du Liebfrauenberg, on a coupé, à la base, deux tiges enroulées sur la même perche. Leurs extrémités furent introduites dans l'eau d'une jauge, le 30 juin 1869.

Exposé à.....	9h.10m matin.	Eau dans la jauge.	2000cc
Retiré à.. ..	3.58 soir.	»	1615
Temps écoulé.	6.48	Eau disparue....	385

Température.................................. 25°
Psychromètre................................ 60
Air calme.

La surface des feuilles (les deux côtés du limbe) étant de $2^{mc},92$, on trouve pour l'eau transpirée par décimètre carré, en une heure, $0^{gr},27$.

Le ciel était sans nuages, mais on remarquera que, sur un pied touffu de houblon, la plus grande partie des feuilles, ne recevant pas directement la lumière du soleil, fonctionnent, en réalité, à l'ombre.

II. Dans l'intérieur de la houblonnière, on a coupé deux tiges enroulées à la même perche. Les sections des tiges ont été placées dans une jauge le 1er juillet 1869.

Surfaces des feuilles			$3^{mq},2$
Exposé à.....	$9^{h}.17^{m}$ matin.	Eau dans la jauge.	2000^{cc}
Retiré à.....	5.14 soir.	»	1590
Temps écoulé.	7.57	Eau disparue....	410
Eau transpirée par décimètre carré en une heure.			$0^{gr},171$
Température			$20^{\circ},5$
Psychromètre			62,0

Air calme.

III. Les observations ont été reprises lors de la cueillette des cônes, en septembre.

Les extrémités inférieures de deux tiges ont été plongées dans la jauge :

Le 19 à......	$1^{h}.44^{m}$	Eau dans la jauge.	1000^{cc}
» à	5.14	»	389
Temps écoulé.	3.30	Eau disparue....	611
Température			$14^{\circ},3$
Psychromètre			60,0

Calme.

Poids des feuilles	840^{gr}
» des cônes	770
» des tiges	737

La surface des feuilles et des tiges était de $9^{mq},52$. Il n'a pas été possible d'évaluer celle des cônes.

On trouve pour l'eau transpirée par décimètre carré, en une heure.............................. $0^{gr},183$

Ces observations donnent bien le poids de l'eau ayant pénétré dans la tige, mais elles n'indiquent pas celui que les feuilles ont perdu; il est vraisemblable qu'elles en ont réellement laissé échapper plus qu'elles n'en ont reçu de la jauge. Quant à l'eau évaporée à la surface, seule la balance pouvait permettre d'en fixer la quantité éliminée au soleil, puisque dans une houblonnière les plants sont généralement à l'ombre.

IV. 27 septembre, au soleil : à.............. $11^{h}.06^{m}$
» à.............. 11.36

Temps écoulé.............................. 0.30

Poids de la feuille............. $1^{gr},81$ Surface. 170^{cq}
» 1,47

Eau évaporée................. 0,34

Par décimètre carré, en une heure........... $0^{gr},382$

27 septembre, à l'ombre, à.............. ... $11^{h}.10^{m}$
» » à................. 11.40

Temps écoulé.............................. 0.30

Poids de la feuille........... $1^{gr}.50$ Surface. $122,5^{cq}$
» 1.35

Eau évaporée............... 0.15

Par décimètre carré, en une heure............ $0^{gr},24$

A 11 heures, température.................... $20^{o},8$
psychromètre.................. 68,0

Les feuilles détachées des tiges dépensent donc par la transpiration beaucoup plus d'eau qu'il n'en monte par l'aspiration. Il est vrai que dans la houblonnière elles ne sont pas dans des conditions aussi favorables à l'évapora-

tion. Néanmoins la perte pourrait être assez forte pour affecter leur fraîcheur, si durant l'obscurité, alors que la transpiration est à peu près nulle, la plante n'accumulait pas l'eau que les feuilles émettent pendant le jour.

Cherchons maintenant à évaluer ce que transpirait une vigne du Liebfrauenberg, durant les mois de juin, juillet et août, alors que les ceps étaient en pleine vigueur. Les feuilles sur lesquelles ont porté les expériences dont les résultats ont été consignés avaient été recueillies sur une treille en plein vent, dirigée de l'est à l'ouest, d'une longueur de 38 mètres sur une hauteur de 1 mètre, présentant par conséquent au midi une surface de 38 mètres carrés. Par des mesures prises sur plusieurs points, on a trouvé que les feuilles garnissant un espace de 1 mètre carré offraient une surface simple de $1^{mq},76$, soit pour les deux faces du limbe $3^{mq},52$. La surface évaporatoire de la treille était par conséquent de 134 mètres carrés.

A l'époque des observations :

La durée du jour était de.................	15 heures.
La durée de la nuit de...................	14 »

Les feuilles d'une vigne, même par un ciel découvert, ne sont jamais, toutes à la fois, exposées au soleil. Il en est une notable partie placée à l'ombre. On peut, je crois, supposer que, dans le cas le plus général, la moitié au moins n'est pas éclairée par la lumière directe, d'où il résulterait que la transpiration de 1 mètre carré de feuilles en une heure, dans la journée, irait au plus à $23^{gr},4$ d'eau.

A l'obscurité, l'eau transpirée en une heure par mètre carré n'a pas dépassé $0^{gr},5$. Les surfaces totales des feuilles de la treille étant de 134 mètres carrés, on aurait pour la quantité d'eau évaporée en vingt-quatre heures :

En 15^{h} de jour...........................	$47^{kg},03$
En 14 de nuit...........................	0,97
En 24	48,00

La treille en plein vent laisserait donc sortir 48 kilogrammes en vingt-quatre heures, un jour de soleil. Par un temps couvert la transpiration n'irait pas au delà :

Pendant le jour, de	22,61 kg
Pendant la nuit, de	0,97
	23,58

Transpiration des feuilles de betterave dite Globe jaune.

Je résumerai les observations faites le 18 juillet 1866 :

		Poids de la feuille.	Surface.
I. Au Soleil à....	10.45 h m	8,00 gr	188,8 cq
»	11.00	7,78	
II. A l'ombre....	5.22	10,27	386,5
»	5.55	9,90	
III. La nuit.....	7.30	7,17	238,4
19 juillet........	5.55	6,00	

	Eau évaporée déduite des pesées.	Eau transpirée par décimètre carré en une heure.	Thermomètre.	Psychromètre.
I. Au Soleil...	0.22 gr	0,466 gr	31,8°	33°
II. A l'ombre..	0.37	0,174	31,0	43
III. Nuit.....	1.17	0,050	18,2	86

Il peut être curieux de rechercher l'eau renfermée dans l'organisme des plants de betteraves occupant un hectare à l'époque de l'arrachage.

Dans le globe jaune on a dosé :

	Dans 100 de racines.	Dans 100 de feuilles.
Matière sèche...	12.2	11.2
Eau..........	87.8	88.8
	100.0	100.0

Le 15 septembre, sur 1 hectare emblavé, on a compté 18224 plants.

Par diverses pesées, on a trouvé dans un plant :

Racines....	1500^{gr}		
Feuilles...	640	Surface...	$1^{mq},93$

La totalité des plants sur 1 hectare pesaient...				39000^{kg}
Ayant : racines..	27300^{kg}	renfermant eau...		23969
» feuilles...	11700	»	»	10389
Eau engagée dans les plants d'un hectare.....				34358

La surface double de feuilles d'un plant moyen serait, d'après le poids, 2 mètres carrés.

Surface rapportée à l'hectare, 36000 mètres carrés environ.

En adoptant pour l'eau transpirée par mètre carré de feuilles en 1 heure la moyenne des observations, 23 grammes, soit par 24 heures 552 grammes, on aurait pour l'eau que pourront transpirer en un jour les 36000 mètres carrés de feuilles à l'époque de leur plus grand développement, 20000 kilogrammes. Ce chiffre est sans doute beaucoup trop élevé, par la raison que les jours pluvieux, par un temps couvert, la transpiration est certainement inférieure à celle déduite de quelques expériences, mais il établit, et c'est là le point intéressant, que la masse de l'organisme contiendrait, et bien au delà, l'eau que la transpiration pourrait dissiper en vingt-quatre heures.

L'eau entrant dans la constitution des plants de betteraves a évidemment pour origine le sol d'où elle a été amenée surtout par la transpiration des feuilles. On ne se fait pas généralement une idée de l'énorme volume de liquide séquestré par certaines cultures. Pour fournir l'eau indispensable à la végétation, la terre doit donc en renfermer des quantités considérables. Hales a posé et résolu la question par des moyens bien simples ; je le citerai textuellement : « afin de voir combien la terre contient d'humidité.

et pour jauger les réservoirs de la nature contre la sécheresse de l'été et les provisions qu'elle a mises dans le sein de la terre pour fournir à la grande dépense qu'elle est obligée de faire pour la production et l'entretien des végétaux » (1).

Le 31 juillet, Hales fit enlever successivement, à partir de la surface, dans le sens vertical, 3 pieds cubiques de terre, qu'il exposa à l'air jusqu'à ce que cette terre devînt poudreuse et assez sèche pour être impropre à la végétation.

	liv onces		liv onces
Le 1er pied cubique a pesé...	104.4 $\frac{1}{3}$	perdit en séchant...	6.11
Le 2e » » ...	106.6 $\frac{1}{2}$	» » ...	10.0
Le 3e » » ...	111. $\frac{1}{3}$	» » ...	8.8

D'après ces pesées on aurait, à partir de la superficie du terrain, jusqu'à la profondeur :

		kg
De $0^m,3$	pour l'eau d'un mètre cube de terre...	103
De $0^m,3$ à $0^m,6$	» » ...	166
De $0^m,6$ à $0^m,9$	» » ...	136

Admettant pour l'hectare 9000 mètres cubes de terre attaquable par la charrue, en y comprenant le sous-sol, il se trouverait dans le sol, en juillet, 1215 mètres cubes d'eau, et, en prenant pour le mètre cube de terre 1300 kilogrammes, on arriverait à une teneur en eau libre de 8 à 13 pour 100.

Des pesées faites en Alsace ont donné au printemps 12 pour 100 d'eau, dans la terre légère et fertile du Liebfrauenberg. Il s'agit ici d'une terre ameublie et fort éloignée du maximum d'imbibition, cas dans lequel les terres arables se chargent de très-fortes quantités d'eau, surtout quand elles sont riches en humus ; il en est, par exemple, qui en retiennent jusqu'à 50 pour 100. Cette eau libre, évaluée

(1) Hales, *Statique*; traduction, p. 40.
(2) Le pied cube anglais égale 28^{dq}, 36.

par Hales, concourt à la végétation, parce qu'elle n'est pas engagée dans une combinaison minérale : c'est pour les plantes une réserve d'autant plus assurée que le terrain a plus de profondeur. C'est ainsi que l'humidité du sous-sol, et des zones mêmes qui lui sont inférieures, s'élevant par imbibition, par capillarité, abreuve la superficie de la terre et préserve les cultures des extrêmes sécheresses. Il y a plus, dans un sol ameubli, par l'effet du refroidissement nocturne, la vapeur émise par les couches sous-jacentes se condense sur les racines dans des limites très-restreintes sans doute, et les mouille à la manière de la rosée.

Transpiration des feuilles de châtaignier.

Surface 207 centimètres carrés.

			Poids de la feuille.
	h m		gr
I. 31 août 1867, soleil à...	9.34	matin	1,68
» à...	10.34		1,52
Temps écoulé.......... ..	1.0	Eau évaporée	0,16
II. A l'ombre à...........	9.30		1,73
» à..........	10.30		1,65
	1.00		0,08

Eau transpirée par décimètre carré en une heure.

I. 0,08 II. 0,04	Température 20 degrés, psychromètre 60 degrés, ciel très-nuageux, air calme.

Deux observations faites au commencement d'août, sur des feuilles attenant à une branche, donnèrent pour l'eau transpirée par décimètre carré en une heure :

I. Au Soleil... 0,55 II. A l'ombre.. 0,16	Température 26 degrés, psychromètre 45 degrés, vent d'est assez fort.

A la fin d'août on abattit un châtaignier âgé de 35 ans. On profita de cette circonstance pour mesurer la surface des feuilles, qu'on trouva de 130 mètres carrés sur un côté du limbe, soit 260 mètres carrés pour la superficie totale (1).

Le châtaignier avait commencé à verdir le 1er avril, il fut abattu le 31 août. Les feuilles que l'on avait comptées et mesurées s'étaient développées en cinq mois ou 152 jours; leur développement en surface simple avait donc été en moyenne par vingt-quatre heures de $\frac{130^{mq}}{122} = 0^{mq},855$.

La majeure partie des feuilles sur un arbre aussi touffu sont presque toutes à l'ombre; dans cette condition, l'évaporation étant de 10 grammes d'eau par mètre carré en une heure, on aurait pour la transpiration de l'arbre en $10^h 45^m$

---

(1) Pour mesurer les feuilles on les divisa en huit catégories ayant à peu près la même surface.

Le nombre était 19 252, pesant ensemble 22 825 grammes.

Les surfaces du limbe étaient :

	mc
Première catégorie	4,72
Deuxième catégorie	24,01
Troisième catégorie	4,15
Quatrième catégorie	4,65
Cinquième catégorie	28,25
Sixième catégorie	20,74
Septième catégorie	24,93
Huitième catégorie	18,92
Surface totale	130,37

Pour le poids moyen de chaque feuille, on a $\frac{22825}{19252} = 1^{gr},1337$.

Pour le poids des feuilles développées en vingt-quatre heures,

$$\frac{22825}{152} = 150^{gr},165.$$

Pour le poids du mètre carré de feuilles, $\frac{22825}{130} = 174^{gr},81$.

Poids à très-peu près égal à celui des feuilles isolées sur lesquelles on fait les expériences sur la transpiration. Les feuilles pesaient, en effet, de $1^{gr},68$ à $1^{gr},73$ par décimètre carré.

de jour, 5 octobre, 107gr,5 par mètre carré, et en prenant pour surface les deux côtés du limbe, 260 mètres. 28 litres d'eau. Ce serait là un minimum, puisqu'il est des feuilles qui ne sont pas à l'ombre.

On a réuni en un tableau l'ensemble des observations sur la déperdition d'eau éprouvée par les feuilles exposées à l'air. La transpiration est rapportée à ce qu'elle aurait été pendant une heure pour une surface de 1 décimètre carré au soleil, à l'ombre, à l'obscurité; on s'est borné à en présenter un résumé dans lequel on n'a pas cru devoir introduire les résultats fournis par les branches feuillues, ces observations, dans ce cas, ayant été trop prolongées. Pour faire ressortir l'importance des expériences exécutées à la lumière diffuse, je répéterai qu'à un instant quelconque de la journée, même par un ciel sans nuage, les feuilles d'une plante herbacée, et à plus forte raison les feuilles d'un arbre, ne sont jamais toutes à la fois éclairées directement par les rayons solaires. Aussi, comme mon père l'a dit dans un de ses Mémoires, partout, dans les forêts, c'est surtout à l'ombre que s'accomplissent les phénomènes de la vie végétale; sous l'équateur, par exemple, il n'y a réellement que les feuilles rigides et redressées qui, à certains moments de la journée, reçoivent le soleil sur toute leur surface.

Transpiration des feuilles, par heure, pour une surface de 1 décimètre carré. (Moyennes.)

Noms des plantes.	Exposition.	Eau transpirée.	Thermomètre à l'ombre.	Psychromètre.
		gr	°	°
Topinambour .	Soleil.	0,70	25	42
» .	Ombre.	0,16	20	58
» .	Jour et nuit.	0,32	22	60
» .	Nuit.	0,05	17	71
Vigne	Soleil.	0,36	19	60
»	Nuit.	0,005	15	77

Noms des plantes.	Exposition.	Eau transpirée.	Thermomètre à l'ombre.	Psychromètre.
Houblon	Soleil.	0,38 gr	21°	68°
»	Ombre.	0,22	17	71
Châtaignier...	Soleil.	0,31	26	45
» ...	Ombre.	0,10	22	60
Marronnier...	Soleil.	0,54	26	46
» ...	Ombre.	0,08	22	67
Polonia	Soleil.	0,22	23	84
»	Ombre.	0,08	23	84
Catalpa	Soleil.	0,21	24	47
»	Ombre.	0,09	18	68
Mûrier blanc..	Soleil.	0,52	19	78
» ..	Ombre.	0,08	19	78
Platane	Ombre.	0,10	18	59
Chêne	Ombre.	0,10	23	64
Noyer	Ombre.	0,05	21	80
Poirier	Soleil.	0,29	26	79
Pommier	Ombre.	0,09	24	75
Pêcher	Ombre.	0,13	23	77
Sapin	Ombre.	0,14	25	48
Oranger	Soleil.	0,15	22	59
»	Ombre.	0,08	24	76
Laurier-cerise.	Soleil.	0,24	26	65
» .	Nuit.	0,01	20	78
Laurier-rose..	Soleil.	0,30	22	60
» ..	Ombre.	0,12	22	60
Laurier-sauce.	Soleil.	0,06	22	48
» .	Ombre.	0,02	18	85
Lilas	Soleil.	0,34	20	65
»	Ombre.	0,13	20	65
Houx (jeune).	Soleil.	0,30	17	56
Houx	Ombre.	0,08	13	57
Framboisier ..	Ombre.	0,13	19	80
Lierre.......	Soleil.	0,05	8	78
»	Ombre.	0,025	15	84
»	Nuit.	0,00	12	90

Noms des plantes.	Exposition.	Eau transpirée.	Thermomètre à l'ombre.	Psychromètre.
		gr	o	o
Hortensia....	Ombre.	0,10	26	76
Asclepiada ...	Ombre.	0,25	21	59
Cactus op....	Soleil.	0,49	22	48
»	Ombre.	0,05	17	91
Agave.......	Soleil.	0,20	21	49
»	Ombre	0,07	21	49
Betterave.....	Ombre.	0,19	31	43
»	Nuit.	0,05	18	86
Menthe......	Ombre.	0,25	22	33
»	Nuit.	0,04	13	78
Boussingaultia.	Soleil.	0,70	27	35
» .	Ombre.	0,20	25	50
Oignon	Soleil.	0,48	21	72
»	Ombre.	0,04	21	72
Pervenche...	Soleil.	0,39	26	56
»	Ombre.	0,29	23	84
Tabac.......	Ombre.	0,17	20	75
Convolvulus ..	Ombre.	0,22	22	58
Haricot nain..	Ombre.	0,14	22	63
Maïs	Soleil.	0,31	21	59
»	Ombre.	0,09	15	60
»	Nuit.	0,02	8	61
Avoine	Soleil.	0,26	27	46
»	Ombre.	0,12	27	46
»	Nuit.	0,06	21	54
Concombre...	Soleil.	0,74	26	40
» ...	Ombre.	0,45	26	40
» ...	Nuit.	0,01	20	88
Choux.......	Ombre.	0,25	24	81
Colrave......	Ombre.	0,27	24	81

L'intensité de la transpiration varie naturellement suivant la proportion d'eau contenue dans les feuilles, proportion qui est loin d'être la même dans le courant de la journée; elle change d'après la température, l'état hygro-

métrique, le calme ou l'agitation de l'atmosphère. Voici les différences qu'on a constatées lorsque les observations ont été assez nombreuses.

La variation dans le poids de l'eau transpirée en une heure, pour une surface de feuille de 1 décimètre carré, a été :

Noms des plantes.	Exposition.	Eau transpirée.
		gr gr
Topinambour	Au soleil.	De 1,12 à 0,23
»	A l'ombre.	De 0,16 à 0,04
Vigne	Au soleil.	De 0,68 à 0,18
»	A l'ombre (1).	De 0,27 à 0,06
Marronnier......	Au soleil.	De 0,64 à 0,33
»	A l'ombre.	De 0,30 à 0,11
Platane	Au soleil.	De 0,14 à 0,07
Laurier-cerise...	Au soleil.	De 0,30 à 0,20
»	A l'ombre.	De 0,10 à 0,05
Menthe	Au soleil.	De 0,82 à 0,33
Maïs............	Au soleil.	De 0,40 à 0,24
»	A l'ombre.	De 0,11 à 0,07
Châtaignier......	A l'ombre.	De 0,10 à 0,09
Lilas	A l'ombre.	De 0,16 à 0,10
Mûrier blanc.....	A l'ombre.	De 0,08 à 0,05
Chêne	A l'ombre.	De 0,06 à 0,13
Oranger.........	A l'ombre.	De 0,09 à 0,15
Catalpa	A l'ombre.	De 0,04 à 0,10
Boussingaultia....	A l'ombre.	De 0,12 à 0,09
Pervenche.......	A l'ombre.	De 0,29 à 0,39
Concombre	A l'ombre.	De 0,37 à 0,52

Je placerai ici des observations de M. Risler, sur quelques-unes des feuilles figurant dans le tableau ci-dessus. Les différences sont quelquefois assez prononcées, ce qui tient

(1) En ne faisant pas entrer dans la moyenne deux observations faites le 21 juin et le 2 août, la première pendant qu'il pleuvait, l'appareil étant à l'abri de la pluie; la seconde par un temps très-humide, le psychromètre marquait 100 degrés.

vraisemblablement à ce que les résultats ont été obtenus par un autre procédé et dans d'autres conditions météorologiques ([1]).

Eau transpirée par heure et par décimètre carré de surface foliaire.

	gr		gr
Choux..........	0,25	A........	0,90
Pommier........	0,23		
Maïs...	0,16		
Avoine	0,14	A........	0,50
Vigne..........	0,12		
Chêne....... ...	0,06		
Sapin..........	0,05		

Les feuilles exposées à l'air, par cela même qu'elles ne reçoivent plus de séve ascendante en quantité suffisante, perdent plus ou moins de leur consistance; l'effet produit est d'ailleurs différent, suivant les espèces végétales. Ainsi les feuilles de la vigne, du platane dont l'eau de constitution est de 66 pour 100, en perdant $\frac{17}{100}$ de leur poids, ne changent pas visiblement d'apparence. Il n'en est plus de même pour des feuilles moins rigides; une perte de $\frac{16}{100}$ devient manifeste par un commencement de flétrissure, elles se fanent. C'est ce qu'on observe non-seulement sur les herbacées, mais sur les feuilles des arbres, tels que le catalpa, le polonia; la flétrissure cesse aussitôt que la séve vient à affluer.

La transpiration à l'ombre est, comme on l'a vu, bien moins prononcée qu'au soleil. J'ajouterai que pendant les premiers moments elle paraît être proportionnelle à la durée de l'exposition : c'est du moins ce que semblent établir des expériences faites le 16 septembre 1867 sur une feuille de Polonia; détachée de l'arbre à 9 heures du

([1]) RISLER, *Sur l'évaporation du sol et des plantes*, 1871

matin, elle pesait $2^{gr},29$. Après l'observation, par une dessiccation opérée à l'étuve chauffée à 100 degrés, elle a laissé $0^{gr},695$ de matières fixes et renfermait par conséquent, au moment de la cueillette, $1^{gr},595$ d'eau, soit 69,27 pour 100.

Une feuille d'une dimension égale, prise sur la même branche, au même instant, à 9 heures, fut suspendue à l'ombre et pesée à plusieurs reprises. Voici les poids enregistrés :

Durée de exposition.	Poids de la feuille.	Eau contenue dans la feuille au moment de la pesée.	Eau perdue depuis le commencem^t de l'expérience.	Eau perdue exprimée en centièmes de l'eau initiale.	Eau perdue pendant chaque exposition.	Eau perdue rapportée à une exposition de 30^m de durée.	Température.	Éta hygrométrique.
h	gr	gr	gr	gr	gr	gr	o	o
0,0	2,29	1,595					14,7	76
0,30	2,25	1,555	2,04	0,51	0,04	0,04	14,8	75
0,30	2,22	1,525	0,07	4,39	0,03	0,03	15,4	71
1,0	2,12	1,425	0,17	10,66	0,10	0,05	17,6	84
1,0	2,06	1,365	0,23	14,42	0,06	0,03	17,8	66
1,0	1,96	1,265	0,33	20,69	0,10	0,05	17,7	61
1,0	1,91	1,215	0,38	23,82	0,05	0,025	16,8	63
1,0	1,87	1,175	0,42	26,33	0,04	0,220	15,8	64
1,0	1,82	1,125	0,47	29,47	0,05	0,025	9,2	86
17.0	1,32	0,625	0,97	60,81	0,50	0,015	11.8	86

Pendant les premières heures, de 9 heures du matin à 2 heures de l'après-midi, les quantités d'eau transpirées ont été sensiblement les mêmes pour des temps égaux, jusqu'à ce que les 24 centièmes de l'eau constitutionnelle aient été dissipés. A partir de la sixième heure la transpiration a diminué. La feuille retenait l'eau avec plus de force. Il en résulte que la transpiration déterminée sur une feuille isolée par deux pesées exécutées à de courts intervalles doit représenter à fort peu près ce qu'elle aurait été si cette feuille fût restée sur la plante.

Il peut paraître surprenant qu'une feuille où il entre de 70 à 80 pour 100 d'eau, et dont quelquefois l'épaisseur ne dépasse pas $\frac{1}{10}$ de millimètre, retienne ce liquide avec assez

de force pour n'en laisser s'échapper à l'ombre que 4 à 5 centigrammes dans une heure pour une surface d'un décimètre carré, bien que la température atteigne et dépasse même 26 degrés, et que l'état hygrométrique de l'atmosphère soit fort éloigné du point de saturation. Dans de semblables conditions un décimètre carré de papier mouillé suspendu à l'air serait sec en quelques instants. Si les feuilles ne se dessèchent qu'avec lenteur, c'est qu'elles sont enveloppées d'un tissu épidermique qui modère singulièrement l'évaporation. Aussi est-ce à l'absence de ce tissu qu'il faut attribuer la prompte dessiccation des plantes aquatiques quand on les sort de l'eau. Il m'a semblé intéressant de mesurer ce pouvoir modérateur de l'épiderme.

Le 22 septembre 1867, on a choisi sur un *cactus opuntia* deux articles de même surface; à l'un on a enlevé l'épiderme.

Exposition à l'ombre :

		Poids du cactus.	
		Avec l'épiderme.	Sans l'épiderme.
		gr.	gr.
A 11h.38m matin.......		11,33	7,14
A 4.38 soir........		11,18	4,97
En 5.00	Eau évaporée.	0,15	2,17
	Eau évaporée par heure...	0,03	0,434

Ainsi, à surface égale, le cactus sans épiderme a perdu quatorze fois et demie autant d'eau que le cactus qui n'en était pas dépouillé. La surface simple des cactus était de 23 centimètres carrés (surface des deux côtés : 46 centimètres carrés). La transpiration du cactus avec son épiderme a eu lieu à raison de $0^{gr},065$ par heure et par décimètre carré. Quant à la transpiration du cactus privé d'épiderme, il fut impossible de la ramener à ce qu'elle aurait été par décimètre carré et par heure, par la raison que le volume

de l'article avait considérablement diminué; de 23 centimètres carrés, la surface simple était réduite à 15 centimètres carrés.

	Temp. de l'air.	Psychromètre.
	°	°
A 3 heures	17,4	94
A 4 heures	17,8	59

Le cactus est resté exposé jusqu'au 25 septembre.

	Avec épiderme.	Sans épiderme.
	gr.	gr.
Le 22 septembre, à $4^h 38^m$..	11,18	4,97
Le 25 septembre, à $4^h 38^m$..	10,78	1,71
En 72 heures, eau perdue...	0,40	3,26
Par heure	0,0055	0,045
Par heure et par décim. carré.	0,012	»

On voit quel obstacle l'épiderme apporte à la transpiration. C'est ce qui explique pourquoi un fragment de plante grasse conserve si longtemps sa vitalité. Ainsi, le 2 octobre, le cactus portant son épiderme pesait encore $9^{gr},95$; en sept jours il avait diminué de $1^{gr}23$, il possédait toujours la faculté de décomposer l'acide carbonique. Le cactus sans épiderme, à la même date, ne pesait plus que $0^{gr},5$; et, bien qu'ayant conservé une teinte légèrement verte, il ne fonctionnait plus. C'est parce qu'ils sont protégés par un tissu épidermique peu perméable que les fruits échappent à une dessiccation rapide, l'évaporation accomplie à leur superficie étant extrêmement faible. On en jugera par les expériences que je vais faire connaître.

I. Prune Quetsch, 17 août 1869. Surface : 57 centimètres carrés.

	Poids.	
	gr	
Exposée à l'ombre, à midi	60,15	Température : 15°.
» à $6^h 30^m$, soir.	59,95	Psychromètre : 70°.
En $6^h 30^m$, perte	0,20	Par heure et par décimètre carré : $0^{gr},054$.

II. Prune de reine-Claude ayant son épiderme; surface : $38^{cq},5$. Exposée à l'ombre.

	Poids.	
	gr	
Le 27 août, à $2^h 37^m$, soir....	23,29	Température : 14°.
Le 28 août, à $8^h 25^m$, matin...	22,70	Psychromètre : 73°.
En $17^h 40^m$, perte........	0,59	Par heure et par décimètre carré : $0^{gr},086$.
Le 26 août, à $6^h 30^m$ soir.......	22,30	
En $9^h 50^m$, perte..........	0,40	Par heure et par décimètre carré : $0^{gr},106$.
Le 29 août, à $8^h 29^m$, matin.....	21,92	
En $13^h 53^m$, perte.........	0,38	Par heure et par décimètre carré : $0^{gr},071$.

Prune de reine-Claude dépouillée d'épiderme. Surface : $35^{cq},55$. Exposée à l'ombre :

	Poids.	
	gr	
Le 27 août, à $2^h 20^m$, soir.......	20,31	Température : 14°.
Le 28 août, à $8^h 20^m$, matin....	16,49	Psychromètre : 71°.
En 18 heures, perte........	3,82	Par heure et par décimètre carré : $0^{gr},63$.
Le 28 août, à $6^h 35^m$, soir......	14,52	
En $10^h 15^m$, perte........	1,97	Par heure et par décimètre carré : 0^{gr} 58.
Le 29 août, à $8^h 23^m$ matin......	13,175	Par heure et par décimètre carré : $0^{gr},29$.

La perte éprouvée par la prune de reine-Claude à l'état normal a été, pendant $41^h 31^m$, de $0^{gr},087$ par heure et par décimètre carré de surface.

La perte éprouvée par la reine-Claude dépouillée d'épiderme a été en moyenne, en quarante-deux heures, de $0^{gr},50$ par heure et décimètre carré. La perte a naturellement diminué à mesure que l'exposition se prolongeait et l'on remarquera qu'elle fut, à la même température et au même

état hygrométrique, environ six fois plus forte pour la prune sans épiderme.

I. Pomme exposée à l'ombre :

Température ..... 15°,0 Psychromètre.... 74°,0
A l'état normal, surface.................... 103^{cq},2

	Poids.	
	gr	
10 octobre 1869, à 10^h mat.	70,75	
11 octobre 1869, à^h 10 mat.	70,635	
En 24 heures, perte.....	0,115	Par heure et par décimètre carré : 0^{gr},005
13 octobre à 10^h mat......	70,600	
En 48 heures, perte.....	0,035	Par heure et par décimètre carré : 0^{gr},0007
2 novembre, à 10^h mat.....	68,17	
En 480 heures, pertes	2,43	Par heure et par décimètre carré : 0^{gr},005

A la fin des observations : température........ 14°,0
» psychromètre....... 75,0

II. Pomme dépouillée de son épiderme, exposée à l'ombre.

Surface................................. 97^{cq},3

	Poids.	
	gr	
10 octobre, 10 heures matin.	66,75	
11 octobre, 10 heures matin.	60,275	
En 24 heures, pertes.....	6,475	Par heure et par décimètre carré : 0^{gr},277
13 octobre, 10 heures matin.	59,37	
En 48 heures, perte.....	0,905	Par heure et par décimètre carré : 0^{gr},020

Durant les premières vingt-quatre heures l'eau perdue par la pomme pelée a été 55 fois plus forte qu'avec la pomme ayant sa pelure.

Pendant quatre cent quatre vingts heures d'exposition la perte par la pomme ayant son épiderme a été assez régulière, à peu près $0^{gr},04$ à $0^{gr},05$ par heure et par décimètre carré. La pomme pelée, au contraire, a d'abord subi une perte considérable qui a diminué rapidement.

C'est un fait établi d'ailleurs par mes recherches sur l'osmose et l'endosmose des feuilles, des fruits et des racines que le tissu épidermique ne laisse passer, par la transpiration, que de la vapeur aqueuse émanant cependant des solutions plus ou moins sucrées renfermées dans le parenchyme. En effet, après une transpiration assez prolongée pour que l'eau de constitution soit réduite aux deux tiers de son poids initial, on n'aperçoit pas à la surface de la feuille, du fruit, de la racine, aucune trace de matières concrètes, à moins qu'il n'y ait eu déchirure ou altération ([1]). J'ai eu récemment l'occasion de constater l'absence des principes sucrés à la superficie de grains de raisin suspendus à l'air depuis trois mois, quoique le jus remplissant les cellules en contint plus de 0,07 au commencement de la dessiccation. Les grains de raisin étaient ridés; en les lavant avec soin à l'aide d'un pinceau de blaireau, l'eau de lavage ne détermina aucune réduction en la chauffant avec la liqueur cuivrique. La perte qu'une feuille subit en transpirant amoindrit l'énergie de ses fonctions; en effet, il résulte d'observations faites par mon père que l'aptitude à décomposer l'acide carbonique sous l'influence de la lumière baisse au fur et à mesure que les feuilles abandonnent de leur eau de constitution. Voici quelques-uns des résultats obtenus avec des feuilles de laurier-rose, introduit dans de l'air atmosphérique contenant de l'acide carbonique :

I. Feuille renfermant : eau	0,60
Gaz acide carbonique décomposé	$16^{cc},00$

([1]) J. Boussingault, *Annales de Chimie et de Physique*, 4e série, t. XXIX, p. 360.

II. Feuille ne renfermant plus que : eau	0,36
Gaz acide carbonique décomposé.............	11^{cc},00
III. Feuille ne renfermant plus que : eau....	0,29
Gaz acide carbonique décomposé.............	0^{cc},00

La feuille II avait perdu les 0,40 de l'eau initiale et la feuille III les 0,52.

Les feuilles, quand elles ne reçoivent pas une quantité de séve ascendante capable de remplacer l'eau éliminée durant la transpiration, perdent de leur consistance; l'aspect qu'elles prennent alors est fort différent selon les espèces végétales. Si chez les unes il suffit d'une perte de 0,16 de l'eau constitutionnelle pour commencer à se flétrir, il en est d'autres qui restent rigides en éprouvant une perte beaucoup plus forte. L'état que prend une feuille exposée à l'atmosphère dépend, d'un côté, de la facilité avec laquelle elle laisse échapper l'eau et, de l'autre, du plus ou moins de rapidité dans l'ascension de la séve. Mais il n'y a pas ordinairement simultanéité d'intensité dans les deux fonctions, et cela est concevable si l'on considère que la température, l'état hygrométrique de l'air, le vent agissent d'une manière très-prononcée sur l'évaporation sans influencer notablement le mouvement ascensionnel de la séve. Aussi la proportion d'eau dans les feuilles doit-elle varier et varie-t-elle en effet dans le cours de la journée, ainsi qu'on a pu le reconnaître dans une série d'expériences faites en août 1869, consistant à marquer, sur un même rameau, trois feuilles aussi semblables que possible. On en pesait une à 7 heures du matin, les deux autres à 3 heures et à 8 heures du soir; après les pesées, chaque feuille était séchée à l'étuve chauffée à 100 degrés. Voici les résultats, les feuilles étant ramenées à une surface de 1 décimètre carré :

Plantes.	Heures des pesées.	Feuilles ramenées à une surface de 1 décimètre carré. Poids des feuilles.	Matières fixes.	Eau.	Dans 100 grammes de feuilles Matières fixes	Eau
	h	gr	gr	gr		
Boussingaultia..	7 matin	5,32	0,28	5,04	5,26	94,74
» ..	3 soir	5,53	0,40	5,13	7,23	92,77
» ..	8 soir	5,91	0,38	5,53	6,43	93,57
Vigne.........	7 matin	1,28	0,43	0,85	33,59	61,41
»	3 soir	1,56	0,55	1,01	35,25	64,75
»	8 soir	1,75	0,57	1,18	32,57	67,43
Concombre....	7 matin	2,47	0,52	1,95	21,05	78,95
» ...	3 soir	2,65	0,63	2,02	23,78	76,22
»	8 soir	2,43	0,53	1,90	21,81	78,19
Cerise.......	7 matin	3,8[illegible]	1,62	2,[illegible]5	42,41	57,59
»	3 soir	3,63	1,60	1,97	45,72	54,28
»	8 soir	3,81	1,48	2,33	38,84	61,16

Les feuilles désignées pour les pesées avaient des dimensions à très-peu près égales, cependant on ne saurait affirmer qu'elles aient eu une identité absolue de composition; on peut voir que le matin elles renfermaient plus d'eau, qu'au milieu du jour la proportion diminuait ensuite pour revenir le soir à ce qu'elle était au lever du soleil.

Dans les conditions où l'expérience a été faite, la terre et l'atmosphère étaient assez humides; il faisait peu de vent. Lorsque le sol est desséché, ce qui coïncide presque toujours avec la sécheresse et l'agitation de l'air, il arrive que les feuilles ne récupèrent pas, pendant la nuit, l'eau qu'elles ont perdue dans le jour. Elles restent penchées vers la tige; leur vitalité est comme suspendue jusqu'à l'arrivée de la pluie. C'est là, du reste, une étude que j'aborderai, lorsque j'aurai terminé d'exposer ce qui est relatif à la transpiration.

§ III. — *Transpiration des feuilles par l'un et l'autre côté du limbe.*

Dans ce qui précède, on a considéré comme surface évaporatoire la surface totale d'une feuille, c'est-à-dire la somme des deux surfaces opposées. On a bien ainsi la

quantité de vapeur aqueuse émanée d'une feuille, mais on ne distingue pas celle émise par chaque côté du limbe. Chez la plupart des feuilles, la surface supérieure, celle tournée vers le ciel, est plus lisse, d'un vert plus foncé, porte moins de stomates que la face dirigée vers la terre. Les feuilles ainsi constituées ont une position à peu près horizontale, tandis que, lorsqu'elles sont pourvues de stomates en nombre à peu près égal sur les deux faces, comme cela a lieu pour les graminées, leur port est presque vertical.

On est tout naturellement porté à croire que la transpiration devait être plus forte par le côté pourvu de perforations, établissant une communication plus directe de l'air extérieur avec le parenchyme.

La question a été abordée, d'abord indirectement, par Charles Bonnet, après qu'il eut reconnu, avec Calandrini, « que les feuilles des arbres, comme celles des *herbes*, sont toujours dirigées de façon que leur surface supérieure regarde le ciel ou l'air libre; l'inférieure, la terre ou l'intérieur de la plante; que la surface supérieure est ordinairement lisse et lustrée, sans nervures saillantes; que la surface inférieure est, au contraire, pleine de petites aspérités, ou garnie de poils courts; que ses nervures ont du relief; que sa couleur est toujours plus pâle que celle de la surface supérieure, qui n'a que peu ou point de lustre (1). »

Charles Bonnet pensait que « des différences aussi frappantes avaient une fin », et, d'après les idées assez confuses de l'époque sur la nutrition des végétaux, il considérait la surface inférieure des feuilles comme « destinée à pomper la rosée qui s'élève de la terre »; aussi Bonnet ne se préoccupe-t-il pas de la transpiration, il cherche uniquement à établir qu'une feuille en contact avec l'eau en absorbe plus par sa face inférieure que par sa face supérieure.

(1) CHARLES BONNET, *Recherches sur l'usage des feuilles.*

Il posait « sur de l'eau plusieurs feuilles d'une même espèce, de façon que les unes fussent humectées par leur surface supérieure, les autres par leur surface opposée. » L'absorption était mesurée par la diminution du volume du liquide. Des dispositions adoptées par Ch. Bonnet, il ressort clairement qu'il mesurait à la fois les effets de deux phénomènes distincts, puisque l'absorption de l'eau par la surface d'une feuille répondait naturellement à l'évaporation accomplie à la face opposée. Les résultats, du reste, n'eurent rien de bien saillant. Pour les herbacées, les feuilles vécurent à peu près aussi longtemps en absorbant l'eau par l'une ou l'autre face.

Les feuilles des arbres, si l'on en excepte les lilas et les trembles, absorbèrent par leur face inférieure plus d'eau que par leur face supérieure ([1]).

Ch. Bonnet déduit de ces observations que « les plantes tirent l'humidité par leurs feuilles ; qu'il y a une étroite communication entre ces feuilles ; que cette communication s'étend à tout le corps de la plante ; que l'on peut dire que les végétaux sont plantés dans l'air, à peu près comme ils le sont dans la terre ; que les feuilles sont aux branches ce que le chevelu est aux racines ; que c'est surtout à l'aide de leurs feuilles que les plantes nées dans un territoire ingrat ne laissent pas d'y faire de grands progrès, les rosées, les brouillards et les pluies leur fournissant d'abondantes nourritures, et dont elles perdent d'autant moins qu'elles ont plus de bouches préparées pour la recueillir. De là vient encore que, dans certaines contrées, les rosées suffisent presque seules pour l'entretien des plantes ([2]). »

Une fois admis que la rosée était absorbée par la surface inférieure des feuilles, Ch. Bonnet fut conduit à supposer que le phénomène opposé à l'absorption, la transpiration,

---

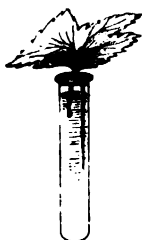
([1]) Charles Bonnet, *Usage des feuilles.*
([2]) *Ibid.*

avait lieu, principalement par la surface supérieure, « très-propre à la faciliter par son extrême poli, par l'absence de poils, d'aspérités ».

Ainsi chaque côté du limbe de la feuille d'une plante ligneuse aurait une fonction spéciale : l'un, d'absorber l'eau météorique ; l'autre, de la laisser échapper après avoir retenu les matériaux fertilisants qu'elle pouvait contenir.

Il est curieux de voir un observateur aussi sagace faire une large part à l'intervention de la rosée dans la nutrition végétale, et cela pour justifier la fonction importante qu'il attribuait à la face inférieure des feuilles. Pour vérifier si les surfaces se comportaient réellement ainsi, Ch. Bonnet plongeait, dans des tubes remplis d'eau, le pétiole des feuilles de même espèce, de même dimension (*fig.* 2) ; il enduisait

Fig. 2.



les feuilles d'huile d'olive, les unes sur leur surface supérieure, les autres sur leur surface inférieure ; d'autres feuilles n'étaient pas enduites. On mesurait l'évaporation par l'abaissement du niveau du liquide dans le tube. Puisque la face supérieure était principalement destinée à la transpiration, les feuilles enduites d'huile sur cette face devaient moins transpirer que celles enduites d'huile sur la face opposée ; or il arriva précisément le contraire : sur vingt et une espèces, le marronnier d'Inde fut la seule dont les feuilles huilées sur la face supérieure aspirèrent moins d'eau, ou, si l'on veut, transpirèrent moins que lorsqu'elles étaient huilées sur la face inférieure.

Les feuilles du rosier, de la vigne du Canada en aspirèrent à peu près la même quantité, quels que fussent les côtés huilés. Les feuilles des autres espèces aspirèrent toutes davantage, lorsque c'était la face supérieure qui avait été enduite d'huile.

Les feuilles des plantes herbacées se comportèrent de la même manière. Ch. Bonnet en conclut, contrairement à sa prévision, que « la surface inférieure des feuilles n'est pas moins destinée à la transpiration qu'à la nutrition ». Il aurait dû conclure, car ses expériences semblaient le prouver, que cette face inférieure est surtout destinée à la transpiration.

Au point de vue de l'étude de la transpiration, les expériences de Ch. Bonnet furent faites dans des conditions peu favorables, dans un appartement clos, dont l'air était probablement peu éloigné du point de saturation, et à une température à peu près constante. La durée de l'observation était d'ailleurs trop prolongée pour supposer que l'eau disparue dans les tubes eût toujours pénétré par le pétiole en quantité suffisante pour remplacer l'eau évaporée. En effet, les expériences rapportées dans la première partie de ce travail montrent que, si l'on eût observé non pas dans une chambre fermée, mais en plein air, par conséquent dans des conditions de température et d'état hygrométrique fort variables, l'eau n'aurait certainement pas monté assez vite du tube dans la feuille pour remplacer l'eau dissipée. Sans doute la lenteur avec laquelle l'eau parcourt le pétiole immergé n'est pas manifeste sur des feuilles rigides telles que celles du noyer, du cerisier, du pommier, du laurier, du lierre, etc., mais elle le devient sur des feuilles molles, flexibles, à mince épiderme. L'insuffisance du pétiole pour amener l'eau dans le parenchyme est promptement accusée. Une feuille de concombre, d'*Helianthus*, de mauve, placée dans de telles conditions, ne tarde pas à être fanée, même à l'ombre, surtout si l'air est sec et agité. Alors le volume

d'eau disparue dans la jauge ne représente plus, à beaucoup près, le volume de l'eau que la plante a transpirée. On a insisté ailleurs sur ce que dans maintes conditions météorologiques, alors même que le sol est très-humide, l'eau, tout en parvenant dans les racines, dans les tiges, dans les pétioles, n'y pénètre pas en quantité suffisante pour fournir à l'évaporation des feuilles : je reviendrai, d'ailleurs, sur cette question intéressante.

Il y avait donc lieu, selon moi, de reprendre les expériences de Ch. Bonnet. On a déterminé comparativement la transpiration à la surface inférieure et à la surface supérieure d'une même feuille, en faisant usage de la balance. Le côté du limbe que l'on voulait empêcher de transpirer était recouvert de suif préalablement maintenu en fusion à 130 degrés, pour en expulser l'eau ou les matières volatiles. On l'appliquait sur la feuille quand la température ne dépassait plus celle de l'air.

La feuille ayant un côté recouvert, on la pesait après l'avoir mise dans une boîte en métal. On fit d'abord quelques essais pour savoir si le suif s'opposerait à la transpiration, et l'on reconnut, non sans surprise, que l'enduit gras n'était pas un obstacle absolument infranchissable à la vapeur aqueuse; au moins on put se convaincre qu'une feuille recouverte de suif sur toute sa superficie éprouve néanmoins une légère perte quand elle reste exposée à l'air libre. Voici quelques pesées :

Feuilles enduites de suif sur les deux côtés.

	Durée de l'exposition.	Poids.	Surface.	Perte.	Perte par décimètre carré.
		gr	cc	gr	gr
Laurier-cerise.....	1 heure au soleil.	3,18	100	0,015	0,015
»	1 heure au soleil.	3,105	101	0,020	0,020
»	1 heure au soleil.	5,45	195	0,010	0.005
Lilas.............	1 heure au soleil.	1,71	103	0,020	0,019
Laurier-cerise.....	1 heure à l'ombre.	5,07	137	0,010	0,007
Marronnier... ..	1 heure à l'ombre.	1,47	212	0,020	0,007
Châtaignier.	1 heure à l'ombre:	3,61	217	0,030	0,014

Ainsi, les feuilles enduites de suif ont perdu de leur poids. La perte est réelle; on ne saurait l'attribuer à quelques principes volatils ou à une combustion du corps gras, car le poids d'une lame de laiton d'un décimètre carré recouvert de suif, suspendue au soleil pendant une heure, n'a pas varié. Néanmoins, dans les pesées exécutées sur des feuilles dont une partie de la surface était sequestrée, on n'a pas cru devoir introduire de correction. On opérait sur deux feuilles semblables, cueillies au même moment, l'une, par exemple, ayant l'*envers* sous le suif : la transpiration alors n'avait lieu que par l'endroit. L'autre feuille était enduite sur l'endroit pour que la transpiration se fît par l'envers. Dans quelques cas, pendant qu'on mesurait l'évaporation sur chacun des côtés, on la mesurait aussi simultanément sur une feuille entière ne portant pas d'enduit gras, pour voir si la somme des quantités d'eau transpirées par l'envers et par l'endroit différerait de la quantité d'eau transpirée par la totalité d'une feuille dont les deux côtés resteraient libres. Enfin, pour atténuer une cause d'erreur provenant de ce que deux feuilles de même dimension, de même âge, pourraient renfermer des proportions distinctes d'eau, on a quelquefois comparé sur une feuille unique la transpiration de chacun des côtés du limbe, en la divisant en deux parties symétriques, suivant le sens de la nervure principale.

Voici les observations faites pendant le mois d'août :

Date de l'observation.	Feuilles.	Surface exposée à l'air.	Durée de l'exposition.	Eau évaporée par l'envers.	Eau évaporée par l'endroit.	Eau évaporée par la somme.	Température.	Psychromètre.	Heure de l'exposition.
		cc	h m	gr	gr	gr	°	°	h m
1866. Août 6.	Laurier-rose.	44,8	0.39	0,110	0,016	0,126	19,0	65,0	11.30 au soleil.
1867. Août 2.	»	25,0	2.16	0,195	0,010	0,205	22,1	58,0	2.00 »
» 3.	Laurier-cerise. . . .	51,0	1.54	0,103	0,049	0,152	19,0	67,0	10.30 à l'ombre.
» 4.	»	78,0	2.32	0,142	0,043	0,185	18,0	65,0	10.00 au soleil.
1866. Août 8.	Lilas.	29,0	1.00	0,200	0,029	0,229	17,6	66,0	9.30 »
1867. Août 4.	»	52,0	2.50	0,214	0,073	0,287	19,2	68,0	9.30 à l'ombre.
1866. Août 16.	Marronnier.	138,0	1.00	0,210	0,040	0,250	25,0	76,0	10.00 »
1867. Août 4.	»	74,0	1.44	0,170	0,035	0,205	18,6	80,0	11.10 au soleil..
» 18.	»	42,0	1.50	0,055	0,010	0,065	24,8	67,0	1.30 »
» 9.	Châtaignier	104,0	1.22	0,145	0,082	0,227	21,0	60,0	3.00 »
1866. Août 19.	»	108,0	1.00	0,080	0,025	0,105	20,0	75,0	9.00 à l'ombre.
1867. Août 13.	Vigne.	86,0	1.10	1,060	0,100	1,160	20,0	60,0	3.30 au soleil.
» 18.	»	42,0	1.40	0,135	0,055	0,185	23,0	68,0	2.30 à l'ombre
» 4.	Platane......... ...	131,0	2.42	0,165	0,080	0,140	17,3	70,0	10.00 »
» 29.	»	141,0	1.50	0,075	0,040	0,115	18,0	60,0	10.15 »
» 4.	Framboisier...... ..	37,0	2.30	0,145	0,045	0,190	18,6	80,0	12.00 »
» 4.	Haricot nain.......	75,0	1.29	0,275	0,142	0,317	18,9	60,0	midi »
» 19.	»	35,0	2.20	0,120	0,080	0,200	25,5	76,0	3.00 »
» 7.	Mûrier blanc... ...	63,0	1.11	0,085	0,040	0,125	21,0	60,0	1.30 »
» 19.	Hortensia......	116,0	1.50	0,305	0,130	0,430	25,6	76,0	2.30 »
» 9.	Chêne.........	92,5	1.18	0,108	0,035	0,143	20,9	59,0	2.40 »
» 19.	»	53,0	1.60	0,101	0,055	0,156	26,0	69,0	3.35 »
» 9.	Noyer.	100,0	1.16	0,080	0,050	0,130	21,0	80,0	3.15 »
» 19.	Poirier.	14,0	2.35	0,155	0,055	0,210	25,6	79,0	2.15 »

Date de l'observation.		Feuilles.	Surface exposée à l'air	Durée de l'exposition.	Eau évaporée par l'envers.	Eau évaporée par l'endroit.	Eau évaporée par la somme.	Température.	Psychromètre.	Heure de l'exposition.
			cc	h m	gr	gr	gr	°	°	h m
1867. Août	19.	Pommier..........	41,0	2.40	0,150	0,045	0,195	24,0	75,0	11.40 à l'ombre.
»	12.	Oranger....	66,0	2.00	0,185	0,028	0,213	22,0	59,0	10.30 au soleil.
»	18.	»	31,5	1.20	0,080	0,013	0,093	24,5	76,0	2.15 »
»	17.	Topinambour.	20,5	1.20	0,030	0,015	0,045	20,2	76,0	10.00 »
»	19.	Houx........	15,0	6.51	0,140	0,055	0,195	24,5	76,0	De midi à 6 h., au soleil.
»	9.	Catalpa............	195,0	1.60	0,325	0,115	0,440	22,2	59,0	2.00 au soleil.
»	9.	Maïs..............	165,0	2.00	0,350	0,445	0,795	22,5	60,0	3.30 »
»	11.	Boussingaultia......	120,0	1.00	0,385	0,315	0,700	22,0	59,0	4.00 »
»	11.	Convolvulus.......	144,0	0.35	0,290	0,077	0,367	22,0	58,0	4.00 »
»	19.	»	32,0	1.56	0,690	0,136	0,726	25,5	79,0	2.00 »
»	12.	Asclépiade.........	233,0	2.11	1,710	0,860	2,170	21,1	59,0	11.00 »
»	14.	Pêcher.	43,0	1.00	0,060	0,015	0,075	22,0	75,0	4.00 »
»	18.	»	25,5	1.00	0,030	0,020	0,050	18,0	92,0	7.30 à l'ombre.
»	4.	Lierre.....	79,0	3.15	0,085	0,025	0,110	18,1	71,0	10.00 »
»	14.	Pervenche..	31,5	1.00	0,150	0,035	0,185	23,0	84,0	11.00 »
»	15.	»	20,0	0.59	0,110	0,020	0,130	25,5	56,0	11.30 »
»	17.	Tabac.	116,0	1.13	0,300	0,175	0,475	20,0	75,0	10.00 »
»	19.	Topinambour......	71,5	1.00	0,545	0,415	0,960	26,0	69,0	11.00 »
»	18.	Betterave....... ..	144,0	2.00	0,692	0,510	1,202	19,3	88,0	8.30 »
»	19.	Choux.............	105,0	3.32	1,250	0,630	1,880	23,5	81,0	11.00 »
»	19.	Colrave.......	105,0	3.22	1,250	0,675	1,930	23,5	81,0	11.30 »
»	15.	Concombre........	72,0	1.00	0,420	0,320	0,752	23,0	56,0	10.00 »
»	19.	Cerisier...........	52,0	0.53	0,050	0,020	0,072	23,0	77,[illegible]	10.00 »

Les différences entre la transpiration accomplie sur chaque côté des feuilles ont été plus fortes au soleil qu'à l'ombre. En éliminant le laurier-rose et le maïs, dont les observations ont quelque chose d'anormal, on trouve, pour le lilas, la vigne, le poirier, l'oranger, le topinambour, le houx, le catalpa, la boussingaultia, le convolvulus, l'asclépiade, le pêcher, que l'eau transpirée par l'endroit des feuilles est à la transpiration par l'envers :: 1 : 4,3.

En prenant une moyenne des observations à l'ombre, l'eau transpirée par l'endroit et l'envers des feuilles aurait été dans le rapport de 1 : 2,4. La transpiration a été à peu près la même sur les deux côtés du limbe, pour :

	Au soleil.	A l'ombre.
Le marronnier	5,2	4,8
Le maïs	0,8	0,8
La pervenche	5,5	4,3

Dans quelques expériences on a comparé la somme des quantités d'eau évaporée sur chacun des côtés de la feuille pris isolément à l'évaporation accomplie, sur une feuille entière de même dimension. Voici les résultats :

	Somme de l'eau transpirée par chaque côté.	Eau transpirée par la feuille entière.	Différences.
Laurier-rose	0,205	0,205	0,000
Laurier-cerise	0,152	0,112	0,040
Laurier-cerise	0,185	0,128	0,057
Lilas	0,229	0,170	0,095
Marronnier	0,205	0,185	0,020
Châtaignier	0,105	0,080	0,025
Vigne	1,160	1,085	0,075
Framboisier	0,185	0,165	0,020

Si la transpiration d'une même feuille dans un espace de temps égal est trouvée plus forte quand on la déduit d'observations faites sur un seul côté du limbe, cela peut

tenir à ce que la vapeur émise n'a qu'une issue : quoi qu'il en soit, il résulte de cette série d'expériences que, dans les mêmes circonstances de température et d'état hygrométrique de l'air, la transpiration est généralement plus forte par l'envers que par l'endroit d'une feuille.

§ IV. — *Rapport de la surface évaporatoire des feuilles à la surface absorbante des racines.*

Dans les conditions normales, l'eau que les feuilles transpirent est remplacée par celle que les racines puisent dans le sol. Pendant la journée la transpiration est souvent assez énergique pour que la séve ascendante n'arrive pas assez rapidement dans le parenchyme. Les feuilles abandonnent alors une partie de leur eau de constitution : c'est ce qui a lieu par les effets combinés de la chaleur, de la sécheresse et du vent. Lorsqu'il survient un ralentissement dans l'évaporation par suite du refroidissement ou du calme de l'atmosphère, dans la nuit, ou par un ciel couvert, par un brouillard, les feuilles récupèrent bientôt l'eau qu'elles ont perdue, parce que les racines ne cessent de fonctionner que lorsque tout l'organisme est en quelque sorte saturé d'humidité, état qui ne peut se maintenir que si la terre fournit autant d'eau qu'il en sort par la transpiration.

Lorsqu'une branche détachée de l'arbre, ou une tige portant des rameaux, mais dont on a coupé les racines, est mise dans l'eau, dans de la terre humectée, la transpiration feuillue a lieu d'abord comme sur un végétal entier ; toutefois la restitution de l'eau transpirée se fait avec une telle lenteur que bientôt les feuilles se dessèchent et meurent, la durée de leur vitalité dépendant de l'eau approvisionnée dans la tige.

En effet, une branche, une tige isolée offre une grande différence avec une plante complète dans leur contact avec la terre humide. L'eau, pour arriver dans l'organisme, pé-

nètre, dans le premier cas, par une section de peu d'étendue superficielle, tandis que, dans le second cas, alors que les racines interviennent, la surface absorbante est considérable et diffère infiniment moins de la surface des feuilles. Ainsi Hales a trouvé qu'un *Helianthus* ayant, hors de terre, une surface feuillue de 39 pieds carrés, avait des racines présentant une surface de 15 à 16 pieds carrés. Le rapport de ces surfaces était donc :: 1 : 2,4. Un chou ayant une surface de feuilles de 19 pieds carrés présentait une surface de racines de 1 à 2 pieds. L'aire de la section des tiges était :

Pour l'*Helianthus*.................. 1 pouce carré.
Pour le choux...................... $\frac{3}{4}$ de pouce.

Le rapport existant entre l'étendue superficielle des organes souterrains et celle des organes aériens d'une plante, c'est-à-dire la relation entre la surface absorbante enfouie dans la terre et la surface évaporatoire, doit donc être pris en considération.

Les racines, quel que soit leur mode de fonctionner, doivent puiser d'autant plus d'eau dans le sol qu'elles sont plus développées, et l'inaptitude de la section d'une tige à une absorption, même momentanée, pourrait bien dépendre en partie du peu de surface qu'elle présente à l'eau ou à la terre humectée. Une expérience que Perrault fit à l'occasion d'une vive discussion sur l'analogie du mouvement de la séve dans les arbres avec la circulation du sang chez les animaux montra que, dans certaines limites, un organe suffisamment développé remplit en quelque sorte une des fonctions des racines. Hales soutenait qu'il n'y avait pas de circulation dans les plantes et que les expériences entreprises pour la prouver établissaient simplement l'existence d'un mouvement rétrograde d'une partie de la séve parvenue au sommet du végétal; il répéta toutefois l'expérience de Perrault sur des branches de cerisier, de groseillier, de pommier, portant chacun deux rameaux

feuillus, dont l'un plongeait dans un vase plein d'eau, tandis que l'autre restait en dehors.

Les branches suspendues dans l'air furent promptement fanées; celles, au contraire, ayant un rameau submergé conservèrent leur vigueur : le groseillier pendant onze jours, la vigne, le pommier durant plusieurs semaines, « d'où il est clair, dit Hales, que, soit par la quantité d'eau que la transpiration doit dissiper en onze jours et que les feuilles doivent tirer pour conserver leur verdeur, soit par la consommation de l'eau dans les vaisseaux, les rameaux avaient tiré toute cette quantité à travers les feuilles du rameau plongé dans l'eau ».

La seule conséquence que Hales déduisit fut « combien il est probable que les végétaux tirent la pluie et la rosée surtout dans la saison sèche ([1]). »

Sans doute, il en résultait la preuve de la perméabilité des feuilles, mais il paraîtra singulier que Hales ne fût pas frappé du fait principal, à savoir que les feuilles du rameau submergé, eu égard à la forte proportion d'eau qu'elles avaient introduite dans le rameau qui ne l'était pas, s'étaient comportées comme des racines.

Charles Bonnet aussi avait reconnu qu'une ou plusieurs feuilles maintenues dans l'eau *pouvaient nourrir,* ce sont ses expressions, une ou plusieurs autres feuilles appartenant à la même brachiole. Or on a vu maintes fois, dans le cours de ce travail, qu'en se bornant à plonger dans l'eau la section d'une branche ou un pétiole, les feuilles exposées à l'air se fanaient rapidement. Il est donc permis d'attribuer la plus longue durée de leur existence, dans les conditions de l'expérience de Perrault, à la faculté d'absorption des feuilles submergées. Les feuilles tenues à l'air, même dans ces conditions, ne restent vertes, il est vrai, que pendant un temps limité, mais on ne doit pas oublier que, si

---

([1]) Hales, *Statique des végétaux*, Ch. IV, t. I, p. 101.

elles eussent appartenu à une plante entière dont les racines plongeaient dans de l'eau pure, elles ne se seraient pas mieux conservées, par la raison que ce liquide, amené soit par le concours des racines, soit par le concours des feuilles, ne renfermerait pas les principes fertilisants répandus dans la terre et que, par conséquent, malgré le carbone qu'elles tireraient de l'atmosphère, une plante placée dans une telle situation finirait par succomber.

L'expérience de Perrault est capitale lorsqu'on l'envisage à ce point de vue que des feuilles submergées déterminent l'ascension de l'eau dans une branche quand leur surface approche de la surface des feuilles exposées à l'air et faisant partie de la même branche. Cette expérience a semblé assez intéressante pour être répétée en faisant intervenir la balance, et cela d'autant mieux qu'elle jette de la lumière sur cette question encore controversée : l'absorption de l'eau liquide par les parties vertes des végétaux.

Observation faite sur le platane et sur le lilas.

I. On a choisi une jeune branche formée de deux rameaux A et B (*fig.* 3).

On rapportera les observations sur le platane.

La surface des feuilles de A maintenues dans l'eau était de 2024 centimètres carrés.

La surface des feuilles de B exposées à l'air était de 1933 centimètres carrés.

Le flacon contenant l'eau était bouché par un liége ayant une entaille sur le bord pour laisser passer la tige.

Le 27 septembre, à 7 heures du soir, l'appareil établi dans le jardin pesait	4090gr
Le 28 septembre, à 7 heures du matin.........	4085
Eau évaporée en douze heures, la nuit..........	5
Par décimètre carré de feuille, en une heure..	0gr,021

Le 28 au matin : température	....	15°.8
» psychromètre	....	91°
Air calme.		

Le 28 septembre, à 7 heures du matin, appareil	..	4085 gr
» à 5h 30m du soir	....	4028
Eau évaporée en 10h 30m au soleil	....	57
Par décimètre carré de feuille en une heure	....	0gr.30

Le 28 septembre à 3 heures, température	......	16°,00
» psychromètre	....	87
Air calme, ciel pur.		

Fig. 3.



Le 28 septembre, à 5h 30m soir, appareil	....	4028 gr
Le 29 septembre, à 7h 0m matin	....	4026
Eau évaporée en 13h 30m pendant la nuit	......	2
Par décimètre carré de feuille en une heure	....	0,008

Le 29 à 7 heures du matin : température........	15°,0
» psychromètre.........	90°
Air calme.	
Le 29 septembre, à 7 heures du matin, appareil..	4026^{gr}
Le 2 octobre, à 1 heure après midi............	3860
Eau évaporée en cinquante-quatre heures, le jour et la nuit............................	166
Par décimètre carré en une heure.............	0^{gr},16
Température............................	12 à 15°
Psychromètre...........................	74 à 91°
Le 9 octobre à 9 heures du matin, appareil....	3694,5
Eau évaporée en 148 heures, jour et nuit.....	161,5
Par décimètre carré en une heure..............	0,04
Depuis le 29 septembre, le thermomètre vers le lever du soleil a indiqué...........................	5° à 7°
Le psychromètre de......................	80 à 90
A 2 heures, thermomètre.................	13 à 14
Psychromètre	70 à 73
Vent d'est.	

Si l'on considère l'eau évaporée pendant la nuit comme nulle, on trouve pour la transpiration des feuilles de platane pendant la journée par décimètre carré en une heure :

Le 28 septembre..........................	0^{gr},30
Du 29 septembre au 2 octobre................	0,20
Du 2 au 9 octobre.........................	0,07

Les feuilles en contact avec l'air avaient conservé toute leur fraîcheur; la diminution constatée dans leur transpiration à partir du 29 septembre est expliquée, d'un côté, par l'abaissement de la température et l'accroissement de l'humidité de l'air.

L'eau de la jauge dans laquelle plongeaient les feuilles fonctionnant comme racines, puisqu'elles fournissaient

l'eau évaporée, avait gardé sa limpidité. Cependant, bien que les feuilles submergées présentassent une belle teinte verte et l'apparence qu'elles avaient avant leur submersion, elles étaient enduites d'une légère couche d'une matière visqueuse qu'on en détachait aisément par le frottement.

II. Dans une expérience faite sur des feuilles de betteraves attenant à la racine et dont une partie plongeait dans l'eau, tandis que l'autre était dans l'air (*fig.* 4), le résultat fut

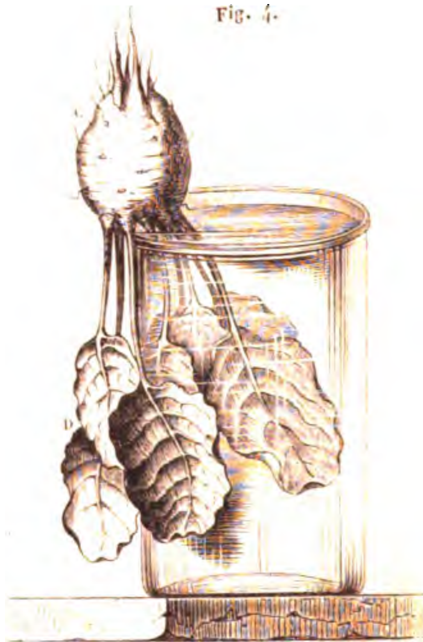


Fig. 4.

bien différent ; on avait coupé, en C, le corps de la betterave. En un jour les feuilles placées à l'air furent toutes flétries; le collet de la racine n'établissait pas une communication suffisante entre les feuilles submergées et celles qui ne l'étaient pas.

III. Afin de bien établir que dans l'expérience sur le platane la transpiration avait diminué par le fait du re-

froidissement de l'atmosphère ; on rapportera une série d'observations sur la vigne pendant laquelle on a suivi avec beaucoup d'attention les variations du thermomètre et du psychromètre.

Le 8 septembre 1868, un rameau fut plongé dans l'eau par sa base. La surface des feuilles submergées F était 15 décimètres carrés (*fig.* 5) ; celle de 16 feuilles maintenues hors

Fig. 5.



de l'eau 23 décimètres carrés. Un rameau semblable fut en même temps plongé dans l'eau par sa base, la section de la tige ayant 1 centimètre carré.

On plaça les appareils au soleil :

Le 8 septembre à $11^h 50^m$ du matin, l'appareil à feuilles immergées pesait....................	4443^{gr}
Le 9 septembre, à $5^h 30^m$ du matin..............	4420
Eau évaporée..................................	23

La transpiration nocturne est si faible en septembre qu'on peut la négliger et admettre pour la durée de l'exposition au jour $5^h\ 40^m$; par conséquent, on aurait pour l'eau transpirée par décimètre carré de feuille en une heure. $0^{gr},17$

Le 8 septembre la température monta à......... $27°,4$
Le psychromètre indiquait........................ $60°$
Le 10 septembre à $5^h\ 30^m$ du matin, le poids de l'appareil était............................ 1398^{gr}

Eau évaporée le jour et la nuit depuis le 9 à la même heure.............................. 22
Adoptant 12 heures pour la transpiration dans la journée, on a par décimètre carré en une heure. $0^{gr},08$

Les feuilles se trouvaient en très-bon état. Tout au contraire, celles dont la section de la tige seule plongeait dans l'eau étaient flétries et pendantes; par leur section d'un centimètre carré, il n'avait pas pénétré assez d'eau pour subvenir à la transpiration.

Voici les pesées faites à différentes époques. La perte de poids exprime l'eau évaporée par les feuilles en contact avec l'air, dont la surface totale (les deux côtés du limbe) était de 23 décimètre carrés au début de l'expérience. Cette eau ayant été absorbée par les feuilles submergées ayant une surface de 15 décimètres carrés, on a joint au tableau la température de l'air mesurée à l'ombre, et les indications psychrométriques.

			Eau évaporée.		Au lever du soleil.		Entre 2 et [illegible] heures	
Dates.	Heures.	Poids de l'appareil.	Depuis la précédente pesée.	Par décimètre carré de feuilles en une heure.	Température.	Psychromètre	Température	Psychromètre
	h m	gr	gr	gr	o	o	o	o
Sept. 8	11.42	4443						
9	5.22	4420	23	0,170	24,0	41	27,4	35
10	5.30	4398	22	0,080	14,4	63	28,8	31
11	5.30	4375	23	0,083	13,5	82	28,2	34

Dates.	Heures.	Poids de l'appareil.	Eau évaporée. Depuis la précédente pesée.	Eau évaporée. Par décimètre carré de feuilles en une heure.	Au lever du soleil. Température.	Au lever du soleil. Psychromètre.	Entre 2 et 3 heures. Température	Entre 2 et 3 heures. Psychromètre
	h m	gr	gr	gr	o	o	o	o
12 (1)	5.30	4355	20	0,076	15,2	78	19,4	66
13	6.30	4334,5	20,5	0,072	12,2	79	19,9	50
14	6.30	4319,5	15,0	0,065	10,8	65	27,2	37
18	6.30	4218	101,5	0,037	9,7	72	22,2	36 (2)
19	3.30 (3) ap. midi.	4173	45,0	0,098	15,0	68	25,4	39
24	6.0 matin.	4108	65,0	0,079	16,0	78	21,0	57
Nov. 2	6.0 (4) matin.	4000	108,0	0,020	11,0	96	14,6	72

Jusqu'au 24 septembre, la transpiration des feuilles, si l'on en excepte la première observation, fut assez régulière; à partir du 9, les températures minima et maxima, l'état hygrométrique de l'air ne présentèrent pas de grands écarts. Après cette date le vent d'ouest domina, le temps devint pluvieux. Il y eut de forts brouillards, des gelées blanches; la température baissa notablement; l'humidité se maintint assez près du maximum. La transpiration devait diminuer : c'est ce qui arriva. La pesée, faite le 2 novembre, ne donna plus qu'une évaporation de $0^{gr},02$ par décimètre carré en une heure. Les feuilles du rameau se comportèrent comme celle d'une vigne voisine en pleine terre; elless supportèrent sans souffrir la forte chaleur et la sécheresse amenées par le vent d'est qui régna jusqu'au 19 septembre; elles restèrent fermes, alors que les feuilles des betteraves de la grande culture étaient flétries. Même en plein soleil, les feuilles de l'appareil, exposées à l'air,

(1) Une feuille d'une surface de $115^{cq},1$ est détachée par accident. La surface exposée à l'air devient $21^{cq},85$.

(2) Moyenne des observations : vent d'est très-fort le 15 septembre.

(3) Un vent violent soufflant de l'ouest oblige à rentrer l'appareil.

(4) Une gelée matinale, survenue le 28 septembre, a fait tomber cinq feuilles ayant ensemble une surface de $9^{dq},65$. La surface évaporatoire a été ainsi réduite de $12^{dq},22$.

procuraient une sensation de fraîcheur à la main; le 20 septembre quelques-unes portaient des points jaunes que l'on voyait aussi sur les feuilles de la vigne en pleine terre. Le 26 septembre, il y eut un fort brouillard, elles prirent une teinte jaune, puis l'aspect automnal.

On était à l'époque de la chute des feuilles, le rameau en perdit plusieurs. Le 22 octobre, on mesura une jeune pousse et un bourgeon survenus depuis le commencement des observations. Cette feuille tardive avait une nervure de 55 centimètres. Quand on démonta l'appareil, deux jeunes feuilles, provenant du bourgeon, offraient une superficie de 50 centimètres carrés. Les feuilles submergées depuis deux mois étaient vertes et enduites d'une substance gluante, ainsi qu'on l'avait observé sur les feuilles immergées du platane. L'eau du flacon, devenue trouble, s'éclaircit bientôt en laissant déposer un sédiment.

En résumé, dans ces observations, les feuilles de l'appareil A en contact avec l'air ont transpiré à peu près comme elles l'eussent fait si le rameau qui les portait eût appartenu à une plante en pleine terre. Les feuilles submergées ont fonctionné comme surface absorbante à la manière des racines; elles présentaient, d'ailleurs, avec ces organes, cette analogie, que l'étendue de leur superficie différait peu de celle des feuilles exposées à l'atmosphère.

Dans deux autres expériences, en 1871, on se borna à constater la durée de la vitalité des feuilles sans mesurer leur transpiration.

I. Une pousse de laurier-cerise fut disposée de manière que les feuilles submergées eussent une surface égale à celles qui ne l'étaient pas. Les feuilles exposées à l'air se maintinrent en parfait état pendant quatre mois, de juin à octobre.

II. Un plant de topinambour, mis à ce régime, ne résista qu'alors que les feuilles plongées dans l'eau eurent une surface quatre fois aussi étendue que celles qui fonction-

naient à l'air libre. Lorsque l'insolation était forte, les feuilles placées à l'air se fanaient, mais elles se redressaient pendant la nuit. Quelques feuilles se développèrent au sommet de la tige. L'exposition dura trois mois, de juillet à septembre.

Comment les feuilles submergées introduisent-elles l'eau dans les feuilles du même rameau qui ne le sont pas? Est-ce par endosmose, est-ce par imbibition, par capillarité?

Ce qui semble évident, c'est que, pour que l'introduction se réalise, il faut qu'il n'y ait pas de solution de continuité entre l'épiderme de la surface absorbante et l'épiderme de la surface évaporatoire, ainsi qu'il arrive dans les conditions normales de la végétation où l'épiderme enveloppe la plante, depuis les feuilles jusqu'aux racines.

L'eau pénètre donc le tissu épidermique des feuilles submergées, de même qu'elle pénètre celui des racines, et, quoi qu'on ait dit, ce tissu possède à la fois la faculté absorbante et la faculté évaporatoire. Dans une feuille, le côté interne de l'épiderme en contact avec le parenchyme absorbe des liquides, et si là cuticule qui la recouvre ne les laisse pas suinter, si elle n'est pas mouillée à l'extérieur, elle offre néanmoins un libre passage à l'eau qui en émane à l'état de vapeur; en un mot, la cuticule prélève de l'eau en touchant un corps humide, et la cède à l'air ambiant quand il est à un état hygrométrique inférieur à 100 degrés du psychromètre.

§ V. — *Absorption de l'eau par la surface des feuilles.*

Dans la saison chaude, par un temps sec persistant, la végétation est en quelque sorte suspendue, les feuilles tombent comme en automne; naturellement les herbacées sont toujours plus atteintes que les arbres. Il n'est pas rare de voir, après de fortes insolations, les feuilles des bette-

raves, des topinambours, des cucurbitacées, des grandes cultures, devenir molles, fanées à la fin du jour; puis, si, après le coucher du Soleil, l'atmosphère est calme, on les retrouve vivaces le lendemain matin. C'est que, la nuit, l'humidité de l'air est un obstacle à la transpiration; l'eau arrivant du sol s'accumule dans l'organisme; ensuite, si l'air n'est pas agité, si le ciel est pur, la rosée déposée sur les feuilles les pénètre. L'eau réparatrice vient alors de la terre et de l'atmosphère. Ce qui tend à faire croire au concours de la rosée dans le redressement des feuilles fanées dans les circonstances que je viens de signaler, c'est ce qu'on voit maintes fois dans un champ de betteraves. Les feuilles flétries des plants placés sous les arbres ne se relèvent pas le matin quand la terre est bien desséchée à la surface: c'est qu'alors, étant abritées, elles ne reçoivent pas de rosée, parce qu'elles ne se refroidissent pas en rayonnant vers l'espace; dans tous les cas, la flétrissure des feuilles est due à ce que la séve ne monte pas assez vite pour remplacer l'eau transpirée. C'est, au reste, ce qu'établissent surabondamment les expériences que j'ai décrites et qui montrent que les plantes conservent leur état de langueur occasionnée par la chaleur et la sécheresse, jusqu'à ce que la pluie imbibe leurs feuilles, avant même qu'elle soit entrée assez profondément dans la terre pour atteindre leurs racines.

Cette action efficace de la pluie, de la rosée, du brouillard, en un mot cette absorption directe de l'eau par les parties vertes des végétaux ayant été niée par les uns, admise par les autres, il en est résulté une confusion que je vais essayer de faire disparaitre. On a vu que Calandrini et Ch. Bonnet accordaient aux feuilles l'aptitude d'aspirer, de condenser les météores aqueux qu'ils envisageaient comme étant une nourriture essentielle aux plantes. On a beaucoup écrit sur ce sujet; je me limiterai à résumer ici les observations de M. Duchartre.

I. Des branches feuillées, dont la section avait été soigneusement mastiquée, ont été plongées pendant quelque temps dans l'eau, elles ont augmenté de poids en proportions variables suivant les espèces. M. Duchartre croit pouvoir en conclure que si les feuilles sont dépourvues de la faculté d'absorber la vapeur aqueuse répandue dans l'air, par compensation elles possèdent celle d'absorber l'eau liquide qui les mouille, telle que la pluie, le brouillard, la rosée ([1]).

II. Des recherches entreprises dans le courant de l'été et de l'automne 1856 « établissent le principe que, contrairement aux idées reçues, les plantes n'absorbent pas l'eau de la rosée qui les mouille, quelque abondante qu'elle puisse être, du moins dans nos climats et dans les conditions ordinaires de la végétation, et que le seul effet qu'elle produise est d'arrêter, par sa présence, la transpiration qui eût eu lieu sans elle ([2]). »

III. Revenant sur ce sujet, M. Duchartre dit, en 1860 :

« On a pensé de tout temps, et l'on pense encore aujourd'hui, que l'eau de la pluie qui mouille les parties extérieures des plantes pendant un temps plus ou moins long est absorbée par elles et vient ainsi concourir à la nutrition. » C'est là une opinion qui n'est pas appuyée sur des expériences directes. J'ai cru qu'il y avait intérêt à reconnaître si elle est l'expression exacte des faits. Des pieds jeunes et vigoureux de *Fuchsia globosa,* de *Veronica tindleyana,* de *Flox decussata* ont offert ce fait remarquable que, après être restés exposés à la pluie même pendant dix-huit heures, ils n'ont pas subi une augmentation de poids appréciable; ils ont plutôt éprouvé une légère

---

([1]) *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences,* t. XLII, p. 790.

([2]) *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences,* t. XLVI, p. 204.

diminution. Il semble logique de conclure de là que leurs parties extérieures, tiges, rameaux herbacés, feuilles tant jeunes qu'adultes, se sont montrées dépourvues de la faculté d'absorber l'eau qui mouillait et lavait longuement leur surface [1].

Les divergences dans des résultats obtenus à l'aide de méthodes irréprochables tiennent, je crois, à une circonstance que je formulerai plus bas. La vérité est que les parties vertes des végétaux peuvent absorber ou ne pas absorber l'eau liquide, la rosée et même la vapeur aqueuse, suivant les conditions dans lesquelles elles se trouvent. Avant de les signaler, je rapporterai ici ce que j'ai observé au Liebfrauenberg.

On était au 25 juillet, depuis vingt jours il n'avait pas plu; à l'ombre le thermomètre marquait de 21 à 30 degrés, le psychromètre 36 à 40 degrés; le vent soufflait de l'est presque sans interruption. De petites pervenches, placées en bordures dans le jardin, présentaient des feuilles tellement penchées qu'elles touchaient les tiges. La terre était sèche, poudreuse jusqu'à une profondeur de 10 à 15 centimètres. Les arbres commençaient à se dépouiller, de jeunes pommiers plantés en automne périrent, les plants de betteraves, de topinambours étaient flétris: seuls, la vigne, le tabac ne paraissaient pas souffrir; plusieurs fois, au reste, j'avais eu l'occasion de reconnaître combien ces plantes résistent à la sécheresse.

I. J'ai voulu voir si les pervenches, après une sécheresse aussi intense, absorberaient la vapeur aqueuse.

A 8 heures du matin on en détacha un rameau pesant 4 grammes, sur lequel il se trouvait vingt feuilles ayant une surface de $331^{cq},2$, soit pour les deux côtés du limbe $662^{cq},4$. Le rameau fut introduit sous une cloche dont les

---

(1) *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, t. I., p. 359.

parois mouillées reposaient sur de l'eau exempte d'acide carbonique.

A 8 heures du matin, poids du rameau..........	4,00 gr
Après vingt-cinq heures passées dans une atmosphère saturée de vapeur d'eau..............	4,15
Augmentation de poids......................	0,15

Je ferai remarquer que le rameau de pervenche était resté :

A la lumière diffuse pendant seize heures.

A l'obscurité (la nuit) pendant neuf heures.

Cette circonstance est à noter, parce que l'air, ne renfermant pas de gaz acide carbonique, les feuilles n'avaient pu fixer du carbone durant la journée, tandis que la nuit elles en avaient perdu par la combustion respiratoire, de sorte que l'accroissement de poids a dû être un peu supérieur à celui indiqué par la balance.

Pendant leur séjour dans l'atmosphère saturée de vapeur, les feuilles auraient absorbé $\frac{0,15}{6,624} = 0^{gr},023$ d'eau par décimètre carré de surface.

Immédiatement après la pesée, le rameau fut replacé sous la cloche où il est resté douze heures à la lumière diffuse.

Au commencement il pesait....................	4,15 gr
A la fin................................	4,20
Augmentation en douze heures................	0,05

L'absorption de la vapeur aqueuse fut moins prononcée.

Il est donc évident que les pervenches, dans l'état où elles étaient après avoir éprouvé une longue sécheresse, ont enlevé de l'eau à l'atmosphère dans laquelle elles étaient confinées. L'absorption de la vapeur eut lieu avec une grande lenteur ; on ne pouvait prolonger l'expérience : le plant aurait pu en souffrir.

II. En sortant de l'air humide, le même rameau de pervenche a été plongé pendant douze heures dans de l'eau ne contenant pas d'acide carbonique; après immersion, égoutté et essuyé avec un papier buvard :

	gr
Le rameau a pesé	9,38
Avant l'immersion, il pesait	4,20
Eau absorbée	5,18

Toutes les feuilles étaient redressées, fermes, d'une belle teinte verte. Elles avaient fixé $0^{gr},778$ d'eau par surface d'un décimètre carré. Durant l'immersion, la température s'était maintenue à 21 degrés.

III. Le même rameau a été suspendu à l'air :

	gr		
Il pesait	9,38	Différence	$0^{gr},18$
Une heure après	9,20		
Deux heures après	8,85	Différence	$0^{gr},35$

Le thermomètre marquait 20, le psychromètre 85 degrés. La perte de poids provenait de la transpiration des feuilles.

Durant la première heure, cette perte a été de $0^{gr},027$; dans les deux heures qui ont suivi par décimètre carré et par heure 0,026.

Le 27 juillet, avec un vent d'ouest, il survint une pluie qui tomba presque sans interruption pendant quarante-huit heures.

Le 29, les pervenches du jardin étaient relevées; cependant la pluie n'avait pas encore pénétré le sol à plus de 2 ou 3 centimètres de profondeur, au-dessous la terre était encore sèche. Les feuilles des plants disposés en bordure avaient donc absorbé l'eau pluviale, de même qu'alors qu'elles étaient submergées.

IV. Le 30 juillet, après la pluie, un rameau très-vivace de petite pervenche resta plongé dans l'eau pendant douze

heures, ainsi qu'on avait fait précédemment pour un rameau portant des feuilles flétries :

Avant l'immersion, le rameau pesait............	5,00 gr
Après....................................	5,03

il n'y avait eu qu'une absorption d'eau insignifiante.

V. Dans le mois d'août, après une nouvelle période de forte sécheresse, les feuilles d'un asclépiade penchaient sur la tige; à 6 heures du soir on en cueillit une, elle pesait $5^{gr},82$, sa surface double (des deux côtés du limbe) était 262 centimètres carrés; on la mit dans l'eau, où elle resta plongée jusqu'à 8 heures du matin.

Poids de la feuille avant l'immersion...........	5,82 gr
Après....................................	8,20
Eau absorbée en quatorze heures...............	2,38
Par décimètre carré de surface................	0,07

Après l'immersion, la feuille est devenue rigide et d'une belle teinte.

VI. A la fin d'août, après une pluie continuelle, les feuilles de l'asclépiade du jardin reprirent leur aspect normal, tout était reverdi, suivant l'expression des jardiniers.

On détacha d'un pied d'asclépiade deux feuilles pesant ensemble $9^{gr},00$, ayant une surface double de 287 centimètres carrés; les feuilles, après immersion, ne changèrent pas de poids, elles n'absorbèrent pas d'eau.

VII. A la même époque, la terre étant humide, on cueillit à 9 heures du matin :

1° Deux feuilles de platane pesant ensemble..	12,8 gr	Surface double	844 cq
2° Deux feuilles de vigne.	8,2	»	400
3° Deux feuilles de Boussingaultia...........	7,8	»	132

Les feuilles de platane et de vigne furent cueillies au soleil, les feuilles de Boussingaultia à l'ombre. Toutes, après la cueillette, restèrent dans l'eau durant sept heures:

	Platane.	Vigne.	Boussingaultia
	gr	gr	gr
Poids avant l'immersion....	12,8	8,2	7,8
Après..................	13,1	8,3	7,8
Différence................	0,3	0,1	0,0

Si l'on considère l'étendue des surfaces des feuilles, l'absorption a été très-faible.

Par décimètre carré :	platane..................	0,035 gr
»	vigne..................	0,025

Ces feuilles, lorsqu'on les arracha de la plante, à 9 heures du matin, étaient déjà en transpiration, transpiration qui devait être plus prononcée que pour les feuilles de Boussingaultia que les rayons du Soleil n'avaient pas frappées.

VIII. Au commencement de septembre, il n'avait pas plu depuis deux jours; la terre était bien imbibée. On cueillit le matin à 8 heures :

		Surface double.
	gr	cq
1° Deux feuilles de vigne pesant ensemble.	8,50	772
2° Deux feuilles de Boussingaultia........	5,30	212
3° Une feuille de laurier-cerise.........	3,27	111

Les feuilles ont été submergées pendant quatre heures :

	Vigne.	Boussingaultia	Laurier-cerise.
	gr	gr	gr
Poids avant l'immersion.	8,50	5,20	3,27
Après...............	8,90	5,30	3,29
Différence............	0,40	0,10	0,02
Eau absorbée par décimètre carré.........	0,052	0,047	0,01

Sur les mêmes plants, recevant le soleil depuis le matin, on cueillit à 6 heures du soir :

		Surface double.
	gr	cq
1° Sur la vigne deux feuilles pesant ensemble.	13,9	700
2° Sur la Boussingaultia	5,9	200

Les feuilles furent placées sous l'eau pendant quatre heures :

	Vigne.	Boussingaultia.
	gr	gr
Poids avant l'immersion........	13,9	5,0
Après......................	14,5	5,5
	0,6	0,5
Eau absorbée par décimètre carré.	0,086	0,25

Ainsi les feuilles cueillies le matin ont absorbé moins d'eau que celles qui l'ont été à la fin de la journée. Ce fait suffit pour montrer nettement les conditions dans lesquelles les parties vertes absorbent ou n'absorbent pas d'eau. La feuille d'une plante végétant dans un sol humide renferme, au lever du soleil, un maximum d'eau de constitution; aussitôt qu'elle commence à transpirer, si, comme il arrive ordinairement, l'eau qu'elle émet n'est pas compensée par celle qu'amène la séve ascendante, il y a commencement de dessiccation et par suite aptitude à l'absorption.

Par une sécheresse persistante les feuilles finissent par ne plus remplir qu'imparfaitement leurs fonctions aériennes; arrivées à un certain degré de siccité, elles peuvent même condenser la vapeur aqueuse de l'air; il en est tout autrement quand la feuille est pourvue de son eau constitutionnelle : son poids n'augmente plus ni par la submersion, ni dans une atmosphère saturée d'humidité.

On doit donc reconnaître, avec les cultivateurs et les jardiniers, qu'après de longues sécheresses la pluie, la

rosée, en pénétrant directement les feuilles, contribuent à ranimer la vitalité du végétal.

Exposées à une pluie persistante, les feuilles se comportent autrement que les fruits; lorsqu'elles ont toute l'eau de constitution, elles cessent d'en absorber. Aussi leur épiderme n'est-il pas déchiré par suite d'un accroissement de volume, comme il arrive pour les prunes, les cerises, les raisins, etc., et, à moins qu'elles ne soient à cet état morbide qui détermine l'apparition de la miellée, leur surface ne présente aucune substance concrète; cependant elles contiennent dans leurs cellules des matières solubles, du saccharose, des sucres réducteurs, des sels alcalins, d'où il faut bien conclure que la cuticule n'enlève que de l'eau pure au parenchyme qu'elle enveloppe pour l'émettre en vapeur pendant la transpiration. Cette émission, on l'a démontré, diminue avec la perte de l'eau constitutionnelle: parvenue à un état avancé de dessiccation, la feuille se détache de la branche et, par la submersion, ne reprend plus, à beaucoup près, l'eau qu'elle a perdue. C'est une feuille morte.

Les expériences sur la transpiration et l'absorption de l'eau par les feuilles, en tenant compte des circonstances météorologiques, de la température, de l'état hygrométrique, de l'agitation de l'air, tendent donc à établir que. dans les conditions normales, l'ascension de la sève est en retard sur l'évaporation accomplie à la surface des feuilles. En effet, elles montrent qu'une plante ne transpire, on pourrait dire ne fonctionne, que dans une atmosphère non saturée. Aussi toujours, par un temps humide, souvent pendant la nuit, les organes aériens n'émettant plus de vapeurs, l'assimilation cesse ou diminue. L'eau aspirée par le fait de la transpiration est le véhicule des principes fertilisants répartis dans le sol, tels que les composés azotés, les sels alcalins et terreux. Une feuille ne fonctionne donc complétement qu'autant qu'il y a évaporation à sa surface;

et qu'on ne croie pas cependant qu'alors qu'elle est confinée momentanément dans une atmosphère saturée, il n'y a pas exhalation de vapeur. La preuve qu'il n'en est pas ainsi, c'est que, dans cette situation anormale, on voit apparaître des gouttelettes sur les parois de la cloche qui l'abrite, c'est qu'alors la température de la feuille séquestrée est notablement supérieure à celle de l'air ambiant; il est aisé de s'en assurer, et c'est pour avoir méconnu cette différence de température que des observateurs ont attribué à la lumière le pouvoir de provoquer, comme la chaleur, la transpiration des organes verts des végétaux.

C'est pendant une sécheresse prolongée, par des vents persistants amenant la dessiccation du sol, que le retard de l'ascension de la sève ascendante sur la transpiration est plus prononcée, à ce point que les plantes succomberaient rigoureusement si la pluie, la rosée, le brouillard n'intervenaient pas; si, en un mot, l'eau liquide ne possédait pas la propriété de pénétrer dans l'intérieur des feuilles en leur restituant l'eau de constitution qu'elles avaient laissé échapper, remplaçant ainsi celle que les racines ne sauraient fournir en quantité suffisante tant que la terre est sèche.

Dans les contrées arides, où la pluie est si rare qu'elle devient un événement, les fortes rosées, les brouillards fréquents sont les sources principales, sinon uniques, qui entretiennent la végétation. Dans des régions chaudes intertropicales, éloignées des fleuves, mon père a vu, par un temps calme et une nuit sereine, la rosée déposée en telle abondance sur les plantes refroidies par le rayonnement nocturne qu'elle ruisselait sur le sol en l'abreuvant profondément. C'est ainsi que des météores apportent aux feuilles d'abord, à la terre ensuite, et, par conséquent, aux racines, l'eau nécessaire à la végétation.

§ VI. — *Absorption, par les feuilles, des sels en dissolution.*

Dans ce qui précède, il a été établi que, dans certaines conditions, les feuilles absorbent l'eau où elles sont submergées. J'ai dû rechercher si les substances salines pénétreraient dans leur parenchyme en même temps que les dissolutions dont elles font partie. La question est intéressante, car dans le cas d'une pénétration le rôle des feuilles ne serait plus borné à l'introduction de l'eau dans l'organisme.

Les expériences pour constater cette absorption des sels ne sont pas exemptes de difficultés. En raisonnant d'après ce qui se passe avec les organes souterrains, on ne devait mettre en contact avec les feuilles que des dissolutions extrêmement diluées. Ainsi, selon de Saussure, tel sel favorisant la végétation par sa nature devient nuisible par sa quantité. En général, une dissolution présentée à une racine ne doit pas dépasser une teneur de 0,002 à 0,003 de matière saline; au delà de ces limites, l'éminent physiologiste a vu que « les sels dissous sont absorbés par les spongioles en moins grande raison que l'eau dans laquelle ils sont dissous ».

Dans les observations portant sur des racines, la solution que l'on fait intervenir peut être maintenue à un degré constant de concentration. Il n'en est plus ainsi en agissant sur des feuilles dans les conditions où elles fonctionnent, par la raison que la dissolution, restant exposée à l'air, tend à se concentrer en un liquide qui cesse d'être absorbable. On a obvié à cet inconvénient en faisant usage d'un sel fort peu soluble et n'exerçant, même à l'état concret, aucune action nuisible sur les plantes, le sulfate de chaux. L'eau n'en dissout environ que 0,002 à la température de 15 à 20 degrés. Il arrive alors qu'en plaçant à l'air la dissolution, l'eau, en se desséchant, laisse bien déposer

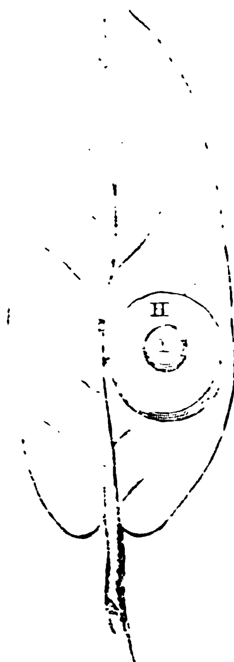
des cristaux, mais le liquide qui les recouvre ne contient toujours que 0,002 de sulfate.

Cette propriété du sulfate de chaux fournit un indice précieux pour reconnaître si une feuille absorbe ou n'absorbe pas, ou, enfin, n'absorbe qu'une fraction du sel entrant dans la dissolution touchant sa surface. Ainsi, en exposant à l'air, sur une lame de verre, ou dans un verre de montre, une goutte de cette dissolution saline, ayant un volume de $\frac{2}{10}$ de centimètre cube, voici ce qu'on observe : après quelque temps la goutte a disparu, et l'on trouve à sa place une tache très-visible à l'œil nu, offrant sous la loupe une zone d'aiguilles de sulfate de chaux. Maintenant, en posant la même dissolution sur une feuille, trois cas peuvent se présenter : 1° la goutte laisera un résidu ayant un volume égal à celui qu'elle laisserait sur la lame de verre ; 2° le résidu sera moins volumineux quelquefois, même à peine perceptible ; 3° la goutte disparaîtra sans laisser aucune trace. La feuille, dans le premier cas, n'aura pas absorbé de sulfate ; dans le second cas, il y en aura une partie d'absorbée, et dans le dernier cas la totalité du sel aura pénétré dans le tissu végétal. Quand la goutte laisse sur la feuille une faible tache, une fraction du sel qu'elle renfermait, c'est qu'alors l'évaporation a eu lieu plus rapidement que l'absorption, et cela est si vrai qu'il suffit de poser sur cette tache une goutte d'eau pure pour la faire disparaître. Si la tache persistait tout en ayant diminué de volume, il suffirait d'une nouvelle addition d'eau pour l'éliminer. Il n'y aurait que sur une surface de feuille imperméable que ce résidu de sulfate de chaux résisterait.

Pour obvier à une trop prompte évaporation, on a, dans plusieurs expériences, recouvert les gouttes de dissolution avec un petit verre de montre dont on graissait légèrement les bords pour déterminer l'adhérence, de manière à intercepter la communication avec l'air ambiant ; on suivait ainsi, sous ce verre, la disparition graduelle du liquide.

Cette disposition, indiquée dans la *fig.* 6, convenait surtout lorsque la feuille n'était pas douée d'un pouvoir absorbant énergique.

Fig. 6.



H, verre de montre. — I, goutte de dissolution.

Je rapporterai maintenant quelques observations, me réservant d'en présenter un plus grand nombre lorsque j'aurai terminé les recherches que j'ai commencées sur l'absorption des sels par les organes verts des végétaux.

I. Le 1er juillet, dans l'après-midi, on a pris dans un champ de luzerne quatre feuilles exposées au soleil depuis le matin, une partie de leur eau de constitution ayant été

dissipée : leur faculté absorbante devait être alors plus active.

A 5 heures du soir, on déposa deux gouttes de solution de sulfate de chaux sur l'endroit, et deux autres gouttes sur l'envers de deux feuilles :

Température	19°
Psychromètre	62 (1).

Le lendemain, 2 juillet, au matin, les gouttes avaient disparu sans laisser de résidu ; ainsi, par l'endroit comme par l'envers, le sulfate de chaux était entré dans les feuilles.

II. Le 2 juillet, à 4 heures du soir, on cueillit deux feuilles de vigne ; sur l'endroit de l'une et sur l'envers de l'autre, on posa trois gouttes de dissolution :

Température	20°
Psychromètre	60

Le 3 juillet, à 8 heures du matin, toutes les gouttes avaient disparu sans laisser de taches. On plaça deux autres gouttes de solution sur l'endroit et sur l'envers des mêmes feuilles. A 3 heures de l'après-midi, c'est-à-dire sept heures après, la surface des feuilles était très-nette.

A la même date, on posa des gouttes de solution sur l'endroit et l'envers de feuilles de haricot, de trèfle, de châtaignier, de choux-raves cueillis l'après-midi, au soleil. Les feuilles furent portées à l'ombre dans une grande salle où la température varia de 19 à 22 degrés, le psychromètre de 59 à 63 degrés.

Vingt-quatre heures après, toutes les gouttes posées sur les deux faces des feuilles de trèfle et de châtaignier avaient disparu sans laisser aucune trace. Les gouttes persis-

(1) Thermomètre sec, 19 degrés ; thermomètre mouillé, 15 degrés ; tension, 13°,89 ; humidité relative, 62 degrés.

taient sur les autres feuilles. Ce n'est qu'après une exposition de trente-six heures qu'elles disparurent sur l'endroit et l'envers des haricots et sur l'envers des choux-raves : sur l'endroit du choux, on voyait à la loupe une zone de petites aiguilles de sulfate, que l'addition d'une goutte d'eau élimina.

III. Le 5 juillet, sur des feuilles de mûrier blanc, cueillies le matin, on déposa deux gouttes de solution sur l'endroit et sur l'envers. Une des gouttes fut recouverte d'un verre de montre.

A 9 heures, les feuilles ont été placées à l'ombre ; la température se maintint entre 18 et 19 degrés, le psychromètre entre 75 et 77 degrés : à midi, sur l'endroit, la goutte non recouverte avait disparu, le sulfate de chaux était entré dans les feuilles.

Le 6 juillet, au matin, la goutte posée sur l'endroit et recouverte était encore visible : elle persista jusque vers 2 heures.

IV. Le 10 juillet, on mit en observation, à 8 heures du matin, des feuilles de laurier-cerise, de laurier-rose, d'asclepiade.

L'endroit et l'envers reçurent deux gouttes de solution : l'une des gouttes abritée, le thermomètre se tint entre 20 et 22 degrés. Le psychromètre marqua de 74 à 85 degrés.

A 5 heures du soir :

Laurier-cerise. — Sur l'endroit, la goutte libre avait laissé une trace de sulfate.

Sur l'envers il n'y eut pas de résidu.

Laurier-rose. — Sur l'envers comme sur l'endroit, les gouttes disparurent sans laisser de sulfate.

Asclepiade. — La goutte libre a laissé un résidu. La goutte abritée sous le verre de montre est restée entière.

Les gouttes abritées ont persisté jusqu'au 11 juillet. En

fait, sur l'asclépiade, l'absorption du sulfate a été très-lente, incomplète.

V. Le 11 juillet, sur deux feuilles de topinambour, et sur deux feuilles de betteraves, cueillies à 7 heures du matin, on posa sur l'endroit et sur l'envers trois gouttes de solution : l'une d'elles était abritée. On a exposé à l'ombre :

Température......................	24°
Psychromètre......................	67

A 10 heures :

Topinambour. — Sur l'envers, toutes les gouttes étaient dissipées sans avoir laissé de sulfate.

Sur l'endroit, les gouttes restèrent trois ou quatre heures de plus.

Betteraves. — A 10 heures, sur l'endroit et sur l'envers, les gouttes persistaient : leur disparition n'eut lieu qu'après vingt-quatre heures. L'absorption avait été fort lente, mais complète. Il n'est resté sur l'endroit qu'un indice de sel.

Le 12 juillet, sur des feuilles de marronnier d'Inde prises à 9 heures du matin, on posa trois gouttes de solution. A midi toutes avaient disparu en laissant une tache sur laquelle on mit une goutte d'eau pure. Le soir l'eau ajoutée et les taches n'étaient plus visibles.

Des expériences semblables, et qu'il serait inutile de rapporter en détail, ont été faites sur des feuilles détachées de concombre, de platane, de grande pervenche, de lierre, de l'iris, de pêcher et, constamment, la dissolution de sulfate de chaux a été absorbée en tout ou en partie par l'endroit et par l'envers. Lorsque, après, il restait une zone de sulfate, il suffisait de faire intervenir un peu d'eau pure pour déterminer l'absorption totale du sel.

Il parut singulier que la dissolution déposée sur une feuille sans être recouverte se dissipât souvent sans pro-

duire un résidu, ce qui impliquait une absorption plus rapide que l'évaporation du dissolvant. Cela tient à ce que la feuille se dessèche d'autant plus vite, durant l'exposition, qu'elle est à une température un peu supérieure à celle de l'air; qu'on n'oublie pas d'ailleurs que sa surface est fréquemment de plus de 1 décimètre carré, par conséquent beaucoup plus étendue que celle du liquide avec lequel elle est en relation. S'il arrive qu'elle transpire peu, l'eau de dissolution, n'étant plus absorbée qu'avec lenteur, s'évaporera en abandonnant la plus grande partie du sel qu'elle contenait : c'est alors qu'on aura un résidu, une tache de sulfate.

Dans une autre série d'expériences, on déposait sur les feuilles des gouttes de dissolution renfermant 0,003 de sulfate de potasse, de nitrate de potasse, de chlorure de sodium, de nitrate d'ammoniaque. On a pu reconnaître facilement l'absorption du sulfate et du nitrate de potasse, dans les conditions où le sulfate de chaux était absorbé. Il n'en a plus été ainsi pour le chlorure de sodium, pour le nitrate d'ammoniaque. Il se formait, par suite de l'évaporation, une solution concentrée que les feuilles ne prenaient plus, surtout quand on observait à l'air libre : aussi les résultats obtenus avec ces agents manquaient-ils de netteté. Pour que les solutions très-diluées de sulfate et de nitrate de potasse fussent directement absorbées en totalité, il fallait des conditions météorologiques exceptionnellement favorables; presque toujours elles laissaient une tache de sel qu'on ne faisait disparaître que par des additions d'eau réitérées.

Jusqu'ici on avait observé sur des feuilles détachées; on a répété les expériences en agissant sur des feuilles attenant à la plante

I. Le 11 juillet le ciel était sans nuages, l'air calme, à 3 heures le thermomètre marquait 26 degrés, le psychromètre 51.

A 7 heures du soir on mit des gouttes d'une dissolution de sulfate de chaux sur des feuilles de rose trémière, de vigne, de géranium, d'asclépiade, de laurier-cerise. Les gouttes furent déposées sur l'endroit; on comprend, en effet, qu'il était impossible de les faire tenir sur l'envers des feuilles.

Le lendemain à 7 heures du matin, sur les feuilles de la rose trémière, il restait un cercle de cristaux de sulfate, l'absorption du sel n'ayant été que partielle.

Sur les feuilles de concombres, de haricots, de laurier-cerise, l'absorption avait été entière. Sur quatre feuilles de vigne touchées avec la dissolution, trois avaient absorbé la totalité du sulfate dissous; la quatrième retenait quelques cristaux. Sur l'asclépiade, trois feuilles sur quatre avaient absorbé le sulfate. Sur toutes les feuilles de géranium, il resta une zone de cristaux : l'absorption n'avait été complète sur aucune. Il fallut ajouter de l'eau à plusieurs reprises pour faire disparaître le résidu salin.

II. Le 22 juillet, à 7 heures du matin, dans un champ de topinambours, on marqua sur un plant vigoureux trente-six feuilles; sur chacune d'elles on déposa une goutte de solution de sulfate de chaux.

A 10 heures, trente-trois gouttes avaient disparu sans laisser la moindre trace : sur trois feuilles on apercevait une zone de sulfate.

La température était de 23 degrés, le psychromètre marquait 69.

On mit une goutte d'eau pure sur les taches de sulfate restées sur les trois feuilles : en moins d'une heure ces taches n'étaient plus visibles.

Si l'absorption du sulfate de chaux a été aussi prompte, c'est que les feuilles, sous l'influence de l'insolation, transpiraient énergiquement; déjà, par l'effet de la dessiccation, elles devenaient pendantes. C'est à cette propriété du sul-

fate de chaux de ne jamais présenter à la feuille qu'une solution à 0,002, à 0,003 de sel, que les résultats doivent d'avoir été aussi précis.

On essaya de faire absorber du sulfate et du nitrate de potasse par des feuilles attenant aux plantes. L'absorption fut plus lente que l'évaporation du dissolvant; aussi il en résultait des taches qu'on ne faisait disparaître que par une addition d'eau.

La pénétration du sulfate de chaux en dissolution conduit à modifier les opinions émises sur le mode le plus avantageux de plâtrer un champ. Bien qu'on obtienne de bons effets du plâtre en l'incorporant au sol pendant les labours, il faut que l'usage d'en saupoudrer les feuilles soit justifié, puisqu'il a prévalu. Il est vrai qu'on en entrevoit la raison dans cette règle que tout engrais pulvérulent doit être distribué aussi également que possible. Or rien ne peut contribuer autant à une bonne répartition du gypse que de le répandre au printemps sur des plantes ayant acquis un certain développement. On opère par un temps calme, le matin, de façon à faire adhérer aux feuilles encore couvertes de rosée le plâtre qui ne s'en détache ensuite qu'à mesure que le vent les agite : il est ainsi projeté dans tous les sens ([1]).

Maintenant, en se fondant sur les expériences qu'on vient de faire connaître, il est peut-être permis d'admettre que le plâtre n'est pas simplement retenu mécaniquement par la rosée; qu'une partie se dissout et entre directement dans les feuilles, de même qu'il y pénètre en passant par les racines quand il a été introduit dans le sol : il y a cette seule différence que par le saupoudrage il parvient plus promptement dans l'organisme.

On a pu remarquer que l'envers des feuilles absorbe le

([1]) *Économie rurale*, t. II, p. 29, 2e édition.

plus vite les dissolutions salines : c'est aussi ce qui a lieu pour l'eau pure.

Voici, comme exemple, un résultat enregistré le 31 août sur une branche de mûrier blanc : on cueillit deux feuilles semblables. Sur l'envers de l'une et sur l'endroit de l'autre on déposa à midi une goutte d'eau d'un volume de $\frac{1}{10}$ de centimètre cube qu'on couvrit d'un verre de montre.

Le 1er septembre, à 7 heures du matin, l'eau placée sur l'endroit conservait son volume initial, tandis que l'eau mise sur l'envers avait été absorbée. La différence entre les facultés absorbantes de chaque côté du limbe est d'autant plus marquée que la structure, l'aspect de l'envers et de l'endroit sont plus distincts; elle est presque nulle chez les feuilles de graminées, dont les deux côtés ont une constitution physique à peu près uniforme.

Ainsi le côté de la feuille qui absorbe le plus facilement l'eau serait le côté par où la transpiration est la plus active. Comme les feuilles, les pétales ont absorbé le sulfate de chaux en dissolution. Les fleurs sur lesquelles on a agi sont le lys, le pétunia, la capucine, le zinia, le glaïeul, l'œillet de Chine, l'escholtia, la pensée, la rose, l'altaea, la gueule-de-loup.

En absorbant l'eau liquide dans les conditions qu'on a indiquées, à savoir quand elles perdent par la transpiration une partie de leur eau de constitution amenée par la séve, les feuilles peuvent introduire dans l'organisme d'une plante, ainsi que le font les racines, des principes fertilisants : des sels ammoniacaux, des composés nitrés même, des sels alcalins et terreux tenus en suspension dans l'air et que la rosée arrête, retient, dissout. L'absorption de l'eau liquide par les feuilles, bien qu'amoindrie dans une atmosphère humide, ne cesse pas absolument, alors même que l'humidité atteint son maximum, par cette raison déjà mentionnée que les feuilles, à la lumière, ont une température supérieure à celle de l'atmosphère ambiante. C'est ainsi

que dans les terrains marécageux, sur les tourbières, les plantes rampant à la surface transpirent néanmoins pendant la journée, faiblement sans doute, mais assez pour donner accès à l'eau des météores et, avec cette eau, à des principes fertilisants, puisque les feuilles sont aptes à les prendre dans l'atmosphère comme les racines les prennent dans la terre.



RAPPORT

FAIT AU NOM DU CONSEIL D'HYGIÈNE ET DE SALUBRITÉ DU DÉPARTEMENT DE LA SEINE, A M. LE PRÉFET DE POLICE,

SUR LA CRÉMATION.

(Commissaires : MM. Baude, Bouchardat, Boussingault et Troost, rapporteur.)

M. le Préfet, le 17 décembre 1875, vous avez renvoyé divers documents au Conseil de salubrité concernant la crémation. La lettre du Préfet de la Seine qui les accompagnait ne spécifiant aucune demande particulière, la Commission a cru devoir examiner successivement les points suivants :

1° La possibilité d'opérer l'incinération des corps sans production d'odeur, de fumée, ni de gaz délétères ;

2° Les avantages que l'incinération pourrait offrir au point de vue de la salubrité ;

3° Les inconvénients qu'elle présenterait au point de vue des investigations de la justice pour la recherche des crimes.

La Commission n'avait pas à s'occuper de la convenance de respecter la célébration des cérémonies religieuses ; cette convenance a été reconnue par le Conseil municipal et par la Commission administrative qui a déterminé le programme de concours pour la recherche du meilleur procédé d'incinération des corps, ou tout autre système donnant un résultat analogue.

Il est d'ailleurs bien entendu que l'incinération ne serait nullement obligatoire, mais qu'elle serait simplement

facultative dans des conditions à déterminer par une loi spéciale.

1. Sur la première question examinée par votre Commission, le Rapport peut être très-bref: il n'est pas douteux qu'en ayant recours à des foyers à gaz, analogues à ceux que l'on emploie dans la métallurgie, on aurait une incinération rapide. Il serait possible d'obtenir, sans aucun mélange de matières étrangères, les cendres du corps soumis à la crémation. Il ne se répandrait d'ailleurs aucune odeur fétide, aucune fumée, car ces foyers sont essentiellement fumivores. On n'aurait par suite aucun inconvénient à redouter pour la salubrité publique.

Les conditions du programme présenté au Conseil municipal pourront donc être facilement remplies, sauf peut-être la condition d'économie; car, avec ces foyers, la crémation ne deviendrait économique qu'à l'époque probablement encore éloignée où un four pourrait fonctionner d'une manière continue.

2. La crémation présenterait des avantages sur le mode d'inhumation dans la fosse commune, où un espace insuffisant est réservé à chaque corps. Il peut, en effet, en résulter des émanations fétides et l'altération des eaux souterraines lorsque la terre se trouve saturée de matières organiques en décomposition et que l'air ne peut arriver en quantité suffisante pour déterminer une combustion complète. Mais les plus graves inconvénients des cimetières actuels disparaîtraient le jour où la fosse commune, établie dans des terrains convenablement perméables, ne contiendrait que le nombre limité de corps suffisamment espacés et pourrait être rendue à l'agriculture après avoir été fermée pendant un certain nombre d'années : car les corps inhumés dans un sol perméable sont, en définitive, livrés à une sorte de combustion lente et indirecte qui ne présente aucun inconvénient, tant que les produits intermédiaires et dangereux n'arrivent pas à la surface du sol.

3. L'inhumation présente pour la société des garanties que l'on ne trouve pas dans la crémation, si l'on considère la question au point de vue de la recherche et de la constatation des poisons, dont l'existence n'est souvent soupçonnée que longtemps après le décès.

En effet, les poisons peuvent, au point de vue qui nous occupe, être divisés en deux classes :

1° Les poisons que la crémation ferait disparaître ;

2° Les poisons qu'elle ne détruirait pas complétement.

Dans la première classe, se rangent toutes les substances toxiques d'origine organique et de plus l'arsenic, le phosphore et le sublimé corrosif, c'est-à-dire les poisons qui sont le plus fréquemment employés. Dans tous les cas d'empoisonnement par l'une de ces substances, la crémation ferait disparaître toute trace du crime, elle en assurerait l'impunité et, par suite, en encouragerait le renouvellement.

Dans la seconde classe des poisons se rangent les sels de cuivre et ceux de plomb. Le métal pourrait être retrouvé dans les cendres, mais il est bien évident que les intéressés auraient toujours la ressource de disperser ces cendres ou de les remplacer par d'autres ; de sorte que, dans le second cas, les traces d'un crime seraient généralement aussi faciles à faire disparaître que dans le premier.

Par suite, les criminels pourraient trouver dans la crémation une sécurité qu'ils ne rencontrent pas dans les procédés actuels d'inhumation, et qu'il importe de ne pas leur assurer, car elle serait pour les populations une source de dangers plus graves que l'insalubrité reprochée aux cimetières.

Les objections que l'on peut faire à la crémation seraient levées si la loi exigeait qu'avant toute crémation il fût procédé à l'autopsie du cadavre et à l'expertise chimique de ses organes essentiels, pour y constater la présence ou l'absence de tout poison.

Mais ces expertises, qui n'ont de valeur qu'alors qu'elles sont conduites comme une expérience vraiment scientifique, sont toujours délicates, même lorsque le champ des recherches a été limité par une instruction judiciaire : elles deviendraient extrêmement longues et pénibles en l'absence de toute indication préliminaire. Aussi, en admettant qu'elles puissent être pratiquées avec la prudence et le talent qu'elles exigent de la part de l'opérateur, tant qu'il n'y aura qu'un petit nombre de crémations, il est bien difficile d'affirmer qu'elles seraient encore sérieusement réalisables le jour où les demandes d'incinération se multiplieraient.

En résumé, Monsieur le Préfet, la Commission a constaté la possibilité d'obtenir l'incinération des corps sans dégagement de gaz insalubres ; elle a reconnu l'avantage de cette incinération sur l'inhumation dans la fosse commune, au point de vue de l'hygiène, mais elle a trouvé dans la crémation de très-sérieux inconvénients au point de vue de la médecine légale, et par suite au point de vue de la sécurité publique.

La Commission a d'ailleurs complétement réservé toutes les questions de sentiment et de morale.

FIN DU TOME SIXIÈME.

TABLE DES MATIÈRES.

Paris — Imprimerie de GAUTHIER-VILLARS, quai des Augustins, 55.



